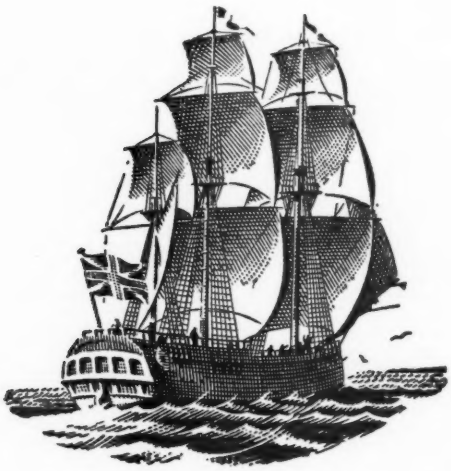
ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad



VOLUMEN IV · 1945

Endeavour

VOLUMEN IV · 1945

LISTA DE ARTICULOS por orden alfabético de autores

Autor	*Artículo*	*Página*
BARTLETT, F. C.	Sobre ciertas Direcciones de Desarrollo de la Psicología experimental	43
	F. C. BARTLETT, Catedrático de Psicología experimental de la Universidad de Cambridge y Director del Laboratorio de Psicología. Dirige también el *British Journal of Psychology*. Miembro del Consejo de Investigaciones Médicas.	
BOWEN, E, J.	Partículas, Ondas y Fórmulas químicas	75
	E. J. BOWEN, Auxiliar experimentalista de Química en la Universidad de Oxford, especializado en investigaciones de foto-química y fluorescencia.	
CARTER, G. S.	El Vuelo de los Peces voladores	136
	G. S. CARTER, Miembro del Colegio del Corpus Christi, Cambridge y Director de varias expediciones al Paraguay y a la Guayana británica para el estudio de las condiciones de la fauna de las aguas tropicales. Especializado desde 1933 en el estudio de la Endocrinología comparada.	
CAVE, C. J. P.	Nubes y Panoramas de Nubes	58
	C. J. P. CAVE, Miembro de la Real Sociedad de Meteorología, de la Real Sociedad de Astronomía y de la Real Sociedad de Fotografía. Miembro también de comisiones internacionales para el estudio de la Estratoesfera y de la formación de nubes.	
DAVIES, C. W.	La Disociación en las Soluciones salinas	114
	C. W. DAVIES, Catedrático y Director de los Laboratorios de la Universidad de Gales, Aberystwyth. Secretario de la Sociedad de Química de Londres desde 1936 a 1944.	
EDITORIALES	Ciencia y Reconstrucción, La	81
	Control químico de las Plagas, El	121
	Islam y la Ciencia, Memoria y Perspectiva, El	1
	Lenguaje de la Ciencia, El	41
FERGUSON, A.	Algunos Momentos dramáticos en la Historia de la Ciencia en la Gran Bretaña	17
	ALLAN FERGUSON, Catedrático auxiliar de Física en el Colegio « Queen Mary » de la Universidad de Londres. Es también uno de los Secretarios generales de la Asociación Británica para el Progreso de las Ciencias, ex-Presidente de la Sociedad de Física y uno de los directores del *Philosophical Magazine*.	
GARRET, S. D.	Las Micosis de las Raíces	104
	S. D. GARRET, Micólogo de la Estación experimental « Rothamsted », ex-patólogo vegetal del Instituto de Investigación agrícola « Waite » de la Universidad de Adelaida, Australia del Sur.	
HADDOW, A. y RUDDALL, K. M.	Coloración artificial del Pelo y su Crecimiento	141
	ALEXANDER HADDOW, Profesor de Bacteriología de la Universidad de Edimburgo, es hoy miembro del personal de Investigación del *Royal Cancer Hospital* de Londres. Especialista en compuestos carcinogenéticos.	
JONES, E. TAYLOR	Sonidos eólicos	100
	E. TAYLOR JONES, Catedrático Emeritus de Filosofía Natural de la Universidad de Glasgow. Autor de trabajos de investigación física sobre las oscilaciones eléctricas, la bobina de inducción y la teoría quántica de la energía electroestática y magnética.	
JONES, SIR HAROLD SPENCER	Los Espectros celestes	35
	La Medida del Tiempo	123
	SIR HAROLD SPENCER JONES, Astrónomo Real desde 1933, ex-Presidente de la Real Sociedad de Astronomía y de la Asociación Británica de Astronomía, ex-Vice-presidente (1935–1938) de la Unión Internacional de Astronomía.	

LISTA DE ARTICULOS *(continuación)*

Autor	*Artículo*	*Página*
MCKIE, D.	John Harris y su *Lexicon Technicum*	53
	D. MCKIE, Profesor auxiliar del Departamento de Historia de la Ciencia de la Universidad de Londres, Fundador y Director de *Annals of Science*.	
NEWTON, L.	El Agar-agar y su Producción	69
	L. NEWTON (*nee* BATTEN), Catedrático de Botánica de la Universidad de Gales, Aberystwyth, y autora de numerosos trabajos de investigación sobre las algas.	
PALMER, W. G.	Una Interpretación moderna de la Teoría de la Valencia	108
	W. G. PALMER, Profesor auxiliar de Química de la Universidad de Cambridge, Premio Medalla de Oro de la Universidad de Londres.	
READ, J.	Los Alquimistas de Teniers	94
	JOHN READ, Catedrático de Química y Director del Laboratorio de Investigaciones químicas de la Universidad de St. Andrews.	
RICHARDSON, E. G.	Reología: la Hidrodinámica real	64
	E. G. RICHARDSON, Profesor de Física del *King's College*, Newcastle-upon-Tyne (Universidad de Durham). Especialista en Física acústica.	
RIDEAL, E. K.	La Química de las Superficies en Relación con la Biología	83
	E. K. RIDEAL, Catedrático de Química coloidal de la Universidad de Cambridge, ex-Presidente de la *Faraday Society* y ex-Vice de la Sociedad de Química de Londres.	
RUDALL, K. M., *Vid.* HADDOW, A.		
	K. M. RUDALL, ha realizado investigaciones sobre la interrelación estructural de las macromoléculas biológicas, habiendo desarrollado la técnica de la observación microscópico-electrónica de las proteínas y tejidos fibrosos.	
SLADE, R. E.	Venenos específicos	148
	R. E. SLADE, Director de investigación de Imperial Chemical Industries, ha formado parte del equipo de investigadores ocupados recientemente en el trabajo de la desintegración del átomo.	
SMITH, K. M.	Los Virus de las Plantas	22
	KENNETH M. SMITH, Director de la Estación de investigación de virus vegetales de la Escuela de Agricultura de Cambridge. Especialista en tales estudios.	
THOMPSON, H. W.,	Aplicaciones recientes de la Espectroscopía química	154
	H. W. THOMPSON, Profesor y experimentalista de Química de la Universidad de Oxford. Especialista en Espectroscopía, especialmente en la región infrarroja del espectro.	
TURNER, W. E. S.	Recientes Avances en la Fabricación de Cristales para Usos técnicos	3
	W. E. S. TURNER, Catedrático desde 1920 de Técnica del vidrio en la Universidad de Sheffield. Miembro de numerosas sociedades del país y extranjeras relacionadas con la técnica cristalera, ex-Presidente de la Sociedad de Tecnología del vidrio y de la Comisión Internacional para la Técnica del vidrio.	
TYNDALL, A. M.	Recientes Trabajos sobre Iones gaseosos	29
	A. M. TYNDALL, Ocupante de la Cátedra de Física « Henry Overton Wills » de la Universidad de Bristol y Director del Laboratorio de Física « Henry Herbert Wills ».	
WHEELER, T. S.	Sir Robert John Kane	91
	T. S. WHEELER, Catedrático de Química de la Universidad de Dublín y ex-Químico del Estado en Eire. Miembro del Consejo de Emergencia para las Investigaciones científicas en Eire.	
WOOD, A.	La Historia del Laboratorio Cavendish de Cambridge	131
	ALEXANDRE WOOD, Profesor de Física experimental de la Universidad de Cambridge. Especialista en estudios acústicos.	

LISTA DE MATERIAS

Página

AGAR-AGAR y su Producción, El, L. NEWTON 69
ALQUIMISTAS de Teniers, Los, J. READ 94
CIENCIA y Reconstrucción, La, EDITORIAL 81
COLORACION artificial del Pelo y su Crecimiento, A. HADDOW y K. M. RUDALL 141
CONTROL químico de las Pestes, El, EDITORIAL 121
DISOCIACION en las Soluciones salinas, La, C. W. DAVIES 114
DRAMATICOS en la Historia de la Ciencia de la Gran Bretaña, Algunos Momentos, A. FERGUSON 17
ENERGIA atómica, La 130
ESPECTROS celestes, Los, SIR HAROLD SPENCER JONES 35
ESPECTROSCOPIA química, Aplicaciones recientes de la, H. W. THOMPSON 154
FABRICACION de Cristales para Usos técnicos, Recientes Avances en la, W. S. TURNER .. 3
GERARD, John — Herbalista 90
HARRIS, John, y su *Lexicon Technicum*, D. MCKIE 53
HISTORIA del Laboratorio Cavendish, La, A. WOOD 131
IONES gaseosos, Recientes Trabajos sobre, A. M. TYNDALL 29
ISLAM y la Ciencia, Memoria y Perspectiva, El, EDITORIAL 1
KANE, Sir Robert John, T. S. WHEELER 91
LENGUAJE de la Ciencia, El, EDITORIAL 41
MEDIDA del Tiempo, La, SIR HAROLD SPENCER JONES 123
MICOSIS de las Raíces, Las, S. D. GARRETT 104
NUBES y Panoramas de Nubes, C. J. P. CAVE 58
PARTICULAS, Ondas y Fórmulas químicas, E. J. BOWEN 75
PSICOLOGIA experimental, Sobre ciertas Direcciones de Desarrollo de la, F. C. BARTLETT .. 43
QUIMICA de las Superficies en Relación con la Biología, La, E. K. RIDEAL 83
REOLOGIA; la Hidrodinámica real, E. G. RICHARDSON 64

REVISTAS de libros: *Págs.*

Algae, The Structure and Reproduction of the, Vol. II, F. E. FRITSCH 160
Art and Scientific Thought, M. JOHNSON 39
Comparative Anatomy, A History of, from Aristotle to the Eighteenth Century, F. J. COLE 38
Determination of Particle Size in Sub-sieve Range, B.C.O.R.A. and B.C.U.R.A. .. 38
Diseases, Polyglot Glossary of Communicable, YVES BIRAUD 39
Famous American Men of Science, J. G. CROWTHER 40
Flowers in Britain, L. J. F. BRIMBLE .. 80
From Atoms to Stars, M. DAVIDSON .. 80
Hydrocarbon Compounds, Encyclopedia of, Vol. I, J. E. FARADAY 120
Metallurgical Analysis by Means of the Spekker Photo-electrical Absorptiometer, F. W. HAYWOOD *y* A. A. R. WOOD 120

REVISTAS de libros: *Págs.*

Materials of To-morrow, PAUL I. SMITH 160
Polyglot Glossary of Communicable Diseases, YVES BIRAUD 39
Plastics for Production, PAUL I. SMITH 40
Problems in the Utilization of Small Coals, B.C.U.R.A. 120
Royal Society, The, 1660–1940, SIR HENRY LYONS 80
Science at Your Service, JULIAN HUXLEY, *et al.* 160
Seashore Life and Pattern, T. A. STEPHENSON 40
Stars, From Atoms to, M. DAVIDSON .. 80
Structure and Reproduction of the Algae, The, Vol. II, F. E. FRITSCH 160
Time, Knowledge and the Nebulae, M. JOHNSON 160
Valency: Classical and Modern, W. G. PALMER 38

SONIDOS eólicos, E. TAYLOR JONES 100
VALENCIA, Una Interpretación moderna de la Teoría de la, W. G. PALMER 108
VENENOS específicos, R. E. SLADE 148
VIRUS de las Plantas, Los, K. M. SMITH 22
VUELO de los Peces voladores, El, G. S. CARTER 136

Impreso en la Gran Bretaña en THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, para los editores*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres*, S.W.1

ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN IV ENERO 1945 NUMERO 13

El Islam y la ciencia: memoria y perspectiva

S.M. el Rey de Inglaterra visitó recientemente el Centro Cultural Islámico de Londres, mostrando gran interés en los proyectos para la construcción de una Mezquita central, en un solar presentado por el Gobierno británico. Gesto real que ha de causar gran satisfacción general, especialmente entre los hombres de ciencia que tienen bien presente el hecho de que hace mil años la antorcha de la ciencia brillaba luminosa y señera en el mundo islámico. La promesa de una paz próxima hace nacer la esperanza de que el genio científico musulmán, tanto tiempo dormido, despierte de nuevo con toda la energía y visión de antaño.

Inspira esta esperanza la convicción de que todos los pueblos del mundo tienen contribuciones propias que aportar al desarrollo del conocimiento. La matriz del pensamiento occidental ha concebido progresos extraordinarios en la ciencia durante los tres o cuatro siglos últimos; mas el progreso científico depende radicalmente de la fertilidad de la humana imaginación. Las palabras de Kékulé, citadas en el artículo del Profesor Allan Ferguson en el presente número, nos lo dicen: « Soñemos, caballeros »; porque es así como nacen las teorías grandes o pequeñas, satisfactorias o negativas. Tenemos ya amplio conocimiento de la rigurosa disciplina que ha de poner a prueba nuestras ensoñaciones, pero nadie se atreverá a afirmar que el flujo de ideas sea hoy tan copioso como fuera de desear. El renacimiento científico del Islam pudiera acaso producir un efecto de primerísima magnitud en tal dirección, y por ello esperamos que el apoyo del Gobierno al Centro Cultural Islámico de Londres no sea sino signo de una política amplia y decidida.

Es menester contemplar el pasado para predecir el futuro. Pasemos pues revista a algunos de los trabajos más importantes realizados por los científicos musulmanes durante el apogeo del Islam. No es justo esperar que los años que suceden a extensas guerras de religión favorezcan la asimilación, diseminación y expansión del conocimiento; y sin embargo, los primeros tiempos del Islam se caracterizan por tal fenómeno. Del mismo modo que Harun al-Rashid, otros muchos Califas mostraron laudable tolerancia hacia los sabios cristianos, judíos y no musulmanes; dotaron universidades, observatorios y hospitales; buscaron manuscritos griegos para su traducción y estudio; y se esforzaron en fin por ayudar el desarrollo del conocimiento por todos los medios posibles.

Pronto comenzó a dar fruto una política tan ilustrada. No es éste lugar para hacer más que una referencia de pasada a la invención musulmana del Algebra, al desarrollo de la Trigonometría, y a la introducción de los guarismos indios (con la importantísima adición del símbolo del cero): mas todo este enorme progreso matemático fué acompañado de un paralelo progreso en Astronomía, Química, Física, y Farmacología. Por ejemplo, Al-Battani, muerto en 929 d.C., determinó exactamente el ángulo de la eclíptica, la longitud del año tropical, y la moción media del sol, probó la posibilidad de los eclipses anulares, calculando además el valor de la precesión de los equinoccios; sus cuidadosas observaciones acerca de los eclipses de sol y de luna fueron tan ajustadas que las usaba todavía en reciente fecha, 1749, el astrónomo inglés Dunthorne para calcular la aceleración secular de la moción media lunar.

La figura más prominente de la física musulmana fué Ibn al-Haitam, conocido en occidente bajo el nombre de Al-Hazen (965–1038/9). Hombre de genio extraordinario, opuesto a la idea, mantenida por los antiguos filósofos, de que

el ojo lanza rayos hacia el objeto de visión, afirmaba que por el contrario la causa de la visión procede del objeto visto. Descubrió también una de las leyes de la reflexión de la luz, a saber: que el ángulo de incidencia y el de reflexión se encuentran en un mismo plano. Hizo estudios de los espejos esféricos y parabólicos, y aún lleva su nombre uno de los problemas relacionados con dichos espejos que él intentó resolver: « Dada la posición de un foco luminoso y la del ojo, hallar el punto de reflexión en un espejo esférico, cilíndrico o cónico». Al-Hazen investigó también el arco iris, el nimbo, la altura de la atmósfera, siendo además el primer físico que llegó a describir el ojo humano en detalle. Su estudio de la esfera quemadora « da muestras de una concepción profunda y acertada de la naturaleza del enfoque, ampliación e inversión de la imagen, y de la formación de círculos y colores por medio de experimentos». Mediante el uso de la primera cámara oscura conocida pudo observar la forma semilunar de la imagen del sol durante un eclipse. Sin ser completa, lista tal de triunfos sirve para conceder a Al-Hazen lugar eminente entre los hombres de ciencia de cualquier período.

Recordamos hoy a Al-Biruni (973–1048?) por su talento de experimentador al determinar el peso específico por el procedimiento de la vasija « Eureka». Era el mismo método de Arquímedes, pero las determinaciones de Al-Biruni muestran tal precisión que no pueden menos de admirarnos: las cifras alcanzadas para el peso específico del oro (19,05), mercurio (13,74), cobre (8,83), hierro (7,74), estaño (7,15), y plomo (11,29) se hallan asombrosamente cercanas a los valores modernos. Un siglo más tarde alcanzó Al-Khazim aún mayor precisión, probando además que la densidad del agua es menor en su punto de solidificación y a temperaturas elevadas que a temperaturas intermedias. Señaló también que el peso de un objeto pesado en el aire tiene que ser modificado por la gravedad del aire mismo; y por lo que se deduce de sus afirmaciones y cifras hemos de creerle cuando afirma haber construído una balanza con un error de sólo 0,06 gm en un peso de 2,2 kg. Lo cual está apoyado también por otras afirmaciones según las cuales se consideraba que la sensibilidad de una balanza científica de aquel tiempo alcanzaba en algunas ocasiones el notable límite de un milígramo aproximadamente.

La deuda de la Química al Islam es bien conocida, y apreciada. El primer gran químico de la historia fué Geber (Jabir ibn-Hayyam), de quien se conservan aún numerosos escritos. Poco o nada se conoce por cierto de su vida, siendo aún materia de disputa el siglo en que vivió. De todos modos, lo verdaderamente importante es que llegó a comprender claramente la indispensabilidad de la experimentación en la Química, preconizándolo así; y aunque él mismo es a menudo culpable de haber edificado montañas de especulación sobre la base de escasos hechos, sus libros contienen simples relaciones y descripciones de experimentos que nos le muestran como un trabajador fértil y agudo observador. En el campo teorético fué él quien estableció la primera teoría química digna de tal nombre — la de la constitución de azufre y mercurio de los metales — teoría que perduró a través de los siglos hasta que, convertida en final metamórfosis en la teoría del flogistón, fué finalmente destruída por el arma tajante de la penetración científica de Lavoisier.

Rhazes (Ibn Zakariyya al-Razi), es inferior sólo a Geber entre los químicos del Islam, y se ha dicho que fué el discípulo más notable de los filósofos griegos de los siglos VII a IV (a.C.) que existió jamás durante los 1900 años desde la muerte de Aristóteles. Sus escritos químicos son prueba de su pasión por la verdad objetiva, su oposición a las prácticas mágicas y astrológicas, y su firme creencia en todo hecho capaz de ser probado en experimentos y análisis. No fué el menor de sus servicios a la ciencia química la sistemática clasificación de las substancias que acompañó con una descripción lúcida de las propiedades características que les eran conocidas en aquel período. Su importancia en la química justifica el que se le llame el Boyle persa.

Los descubrimientos de la química aplicada — esto es: el conjunto de operaciones técnicas de metalurgia, tintorería, farmacología, etc., relacionadas con la química — debieron de ser muy

(*Continúa en la pág.* 34)

Los trabajos y la correspondencia deberán ser enviados al director: E. J. Holmyard, c/o Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1. Se invita a los investigadores ocupados en trabajos de carácter interesante o importante a enviar notas breves sobre los trabajos en curso y los resultados obtenidos.

Recientes avances en la fabricación de cristales para usos técnicos

W. E. S. TURNER

La fabricación del vidrio es arte de orígen prehistórico que ha permanecido estático, como otras muchas artes, hasta que la ciencia química ha alcanzado plena madurez. Gracias a conocimientos y métodos químicos más precisos, ha sido posible realizar gran progreso, habiéndose aumentado grandemente durante los últimos veinticinco años el conocimiento de la ciencia y arte del cristal. El profesor Turner describe en este artículo los más recientes avances en dicha dirección.

INTRODUCCION

Es la transparencia cualidad primordial del vidrio que, gracias a ella, no sólo sirve para lentes y prismas de microscopios, telescopios y multitud de aparatos científicos, para ventanas y recipientes de uso doméstico, industrial y científico, etc., etc., sino que también se usa cada día más en las industrias eléctricas y forma parte en gran escala del material industrial más variado. La necesidad de poder ver a través de las superficies externas hace que se considere hoy al cristal como uno de los posibles materiales para la fabricación de maquinaria, tanto en las envolturas y protecciones como en los órganos móviles mismos de la máquina, lo que se ha iniciado ya en cierto modo.

Sin embargo, para que cierta substancia pueda ser utilizada como material de construcción, es necesario que sea duradera y resistente mecánicamente. Debe poder soportar los cambios atmosféricos, y cuanto mayor sea su resistencia a la corrosión de una gran variedad de substancias químicas, tanto mejor será su adaptabilidad. Debe resistir a los rápidos cambios de temperatura producidos por las condiciones de trabajo; ha de ser capaz de aguantar también cierta carga y de soportar golpes.

RESISTENCIA QUIMICA Y TERMICA DEL VIDRIO

Podemos tratar juntos ambos aspectos ya que es bien sabido que, en general, los componentes que aumentan la resistencia del vidrio a los cambios atmosféricos y a las acciones químicas, aumentan también su resistencia a los cambios de temperatura. Son tales componentes la sílice, la alúmina y el óxido bórico (dentro de ciertos límites).

La sílice fundida, transparente u opaca, ocupa el primer lugar en la lista de vidrios que gozan de ambas propiedades. Desde hace mucho tiempo se han venido fabricando con él toda clase de vasijas para uso, en difíciles condiciones, en laboratorios y fábricas — tales como las plantas de destilación de ácidos, expuestas al aire. Comienzan también a utilizarse en grandes cantidades otros cristales de composición más compleja, y de las cinco variedades hoy en producción en la Gran Bretaña, tres contienen una proporción muy elevada de sílice (más de un 80%), una cantidad relativamente elevada de óxido bórico (12% aproximadamente) y un tres o cuatro por ciento de alúmina y de óxido de sodio respectivamente. Dichos vidrios ofrecen gran resistencia a la acción del agua en estado líquido y de vapor, a los ácidos y a las soluciones ácidas y neutras de diversas sales. No resisten a las soluciones alcalinas tan satisfactoriamente como otros tipos de cristal en los que el contenido total de sílice y óxido bórico no llega a un 85% y la proporción de alúmina y óxidos básicos es por tanto más elevada.

El cristal «Vycor» es el más reciente e interesante, en muchos sentidos, entre los producidos últimamente para conseguir tales tipos de resistencia, y se basa en el producto de la corrosión de otro cristal « padre ». El procedimiento empleado en su manufactura evita el empleo de las elevadísimas temperaturas que habrían de ser necesarias, a causa de su composición, si hubiese de obtenerse el producto final a base de la fusión de todos los componentes.

Cuando se sustituye progresivamente la sílice por el óxido bórico en un vidrio compuesto de sosa, potasa, cal y sílice — tales como los cristales utilizados en los antiguos aparatos químicos de tipo Kavalier —, no sólo no se mejora su resistencia química sino que cuando el óxido bórico ha sobrepasado el 10%, tal resistencia disminuye progresivamente, hasta que al llegar al 30% es

posible extraer todos los demás componentes del vidrio por medio del ácido clorhídrico, dejando sólo un esqueleto en sílice con la forma del objeto primitivo (Turner y Winks, 1926). Varios años más tarde, uno de los investigadores de la Fábrica de Vidrios de Corning hizo la sorprendente observación de que los esqueletos asi obtenidos mediante la extracción por el ácido en los cristales a base de álcali, óxido bórico y sílice no sólo no se quebraban cuando se les sometía a elevadas temperaturas, sino que se encogían progresivamente hasta formar un vidrio transparente de propiedades análogas a las del cristal de sílice fundida. Esta fué la base del proceso de fabricación del cristal « Vycor ». En ciertas composiciones (B_2O_3 20%) es necesario aplicar una temperatura de 500° a 650° C durante varias horas, lo que fuerza al cristal a separarse en dos fases distintas, una rica en sílice e insoluble en el ácido, abundante la otra en B_2O_3 y facilmente extraible por medio del ácido, el cual se aplica al objeto en un baño caliente durante un tiempo determinado por el espesor del objeto. Después de lavado durante varias horas en agua corriente, el esqueleto así obtenido se somete a una temperatura de 900° a 1.000° C, verificándose durante este proceso un encogimiento general de un 20 a un 30% en cada dimensión, lo que depende de la cantidad de óxidos conservados, además de la sílice. El producto comercial contiene por lo general un 96,5% de SiO_2 y un 3% de B_2O_3 (Tabla I).

Se define generalmente la resistencia térmica del vidrio diciendo que es la diferencia de temperatura necesaria para producir la rotura de una muestra de ensayo enfriada repentinamente en agua a una temperatura de 20° C. C. H. Schönborn demostró en 1936 que dicha cifra se encuentra en razón inversa al coeficiente de expansión térmica lineal. Así, realizada la prueba con varillas de cristal de 12 cm × 0,5 cm, los valores de resistencia térmica de cuatro distintas clases de vidrio fueron 280°, 170°, 120° y 100° C, y los coeficientes de expansión respectivos 367, 550, 830 y 1.000 × 10^{-8}.

TABLA I

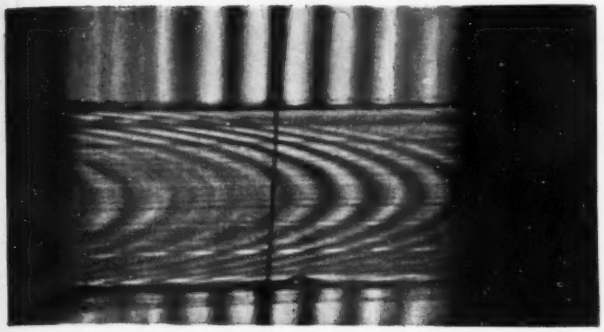
Porcentaje de composición química, coeficiente de expansión térmica lineal (α) y punto de reblandecimiento de ciertos vidrios utilizados para la fabricación de aparatos químicos, eléctricos y resistentes al calor.

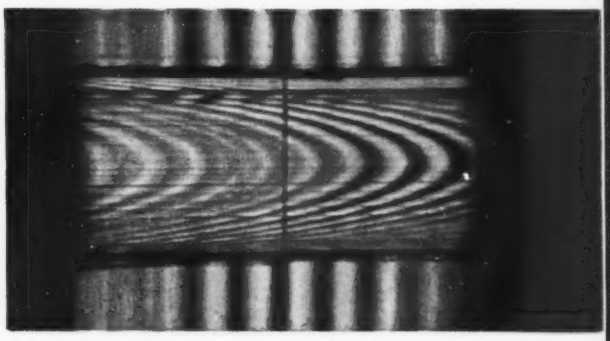
	Resistencia química y térmica				Aparatos eléctricos					
Principales componentes	Sílice fundida	« Vycor »	« Pyrex » y « Hysil »	Cristal de cocina	Lámparas de vapor de mercurio a alta presión	Al plomo blando para bombillas y sellados grales	Rectificadores de arcos de mercurio	Instrumentos electrónicos de cristal duro	Para sellado con Tungsteno	Para sellado con Molybdeno
SiO_2	100	96,3	80–81	57,5	58,7	56,6	72,9	75,0	77,0	71,2
B_2O_3		2,9	12–12,5	5,7	3,0	0,2	14,4	18,2	15,4	14,6
Al_2O_3		0,4	3	19,5	22,5	0,8	3,0	1,0	1,1	2,5
CaO		—	0,2	6,5	5,9	—	3,1	0,3	0,4	2,9
MgO		—	—	9,2	8,4	—	—	—	—	—
BaO		—	—	—	—	—	—	—	—	—
PbO		—	—	—	—	30,2	—	—	—	—
Na_2O		0,02	—	1,10	1,1	5,1	2,4	3,4	4,6	3,6
K_2O		—	4	—	0,2	7,2	4,2	1,9	1,9	4,0
$\alpha \times 10^8$										
20°–100° ..	45	80	320/330	410	340	930	—	—	—	—
20°–350° ..	—	—	—	—	—	—	—	—	350	410
T_g–M_g* ..	—	—	825	1000	1350	—	—	—	—	—
Punto de reblandecimiento (viscosidad $\eta \equiv 10^8$ poises)	1630°	1420°	780°	—	920°	625°	—	—	—	—

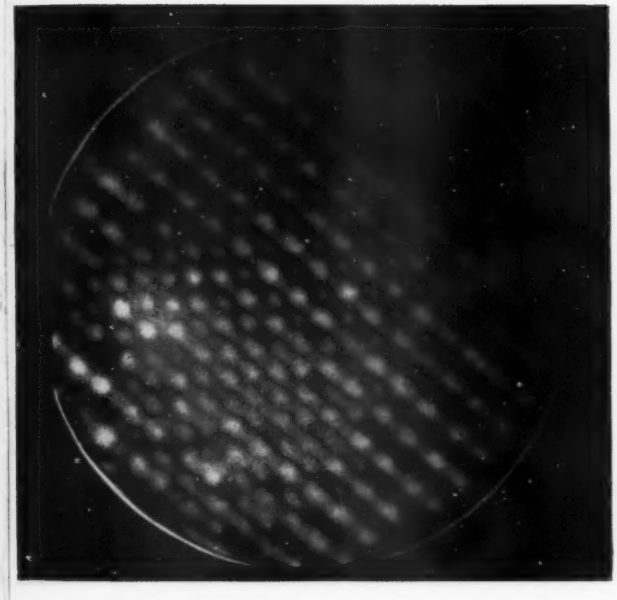
* Los valores de la escala de temperatura entre los puntos T_g y M_g van indicados para ilustrar el aumento en el coeficiente de expansión térmica que tiene lugar al alcanzarse la temperatura de transformación, T_g, mencionada en la pág. 10 y figura 1.

A
si
de
3
co
el
n

A
la
d
p





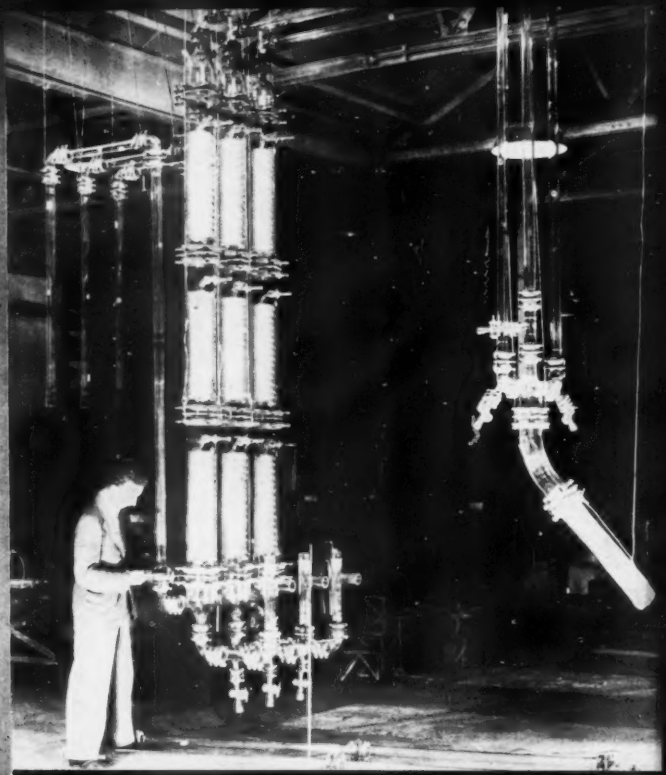


Arriba, a la derecha (Figuras de referencia 10 y 11): Líneas de tensiones vistas en color por medio del compensador de Babinet, a través de los bordes de láminas de cristal templadas a una resistencia de 3,0 kg/mm² (figura 10) y 7,5 kg/mm² (figura 11). La banda negra corresponde a la máxima tensión. En razón de su mayor resistencia, el desplazamiento de dicha banda respecto de la línea de referencia en negro, es mayor en la figura 11 que en la figura 10.

Abajo, a la izquierda (Figura de referencia 9): Diseño en color de las tensiones de una lámina circular de cristal templado de 6,3 mm de grosor, vista en un polariscopio provisto de una lámina onda. Los parabrisas de cristal templado muestran idénticos diseños.

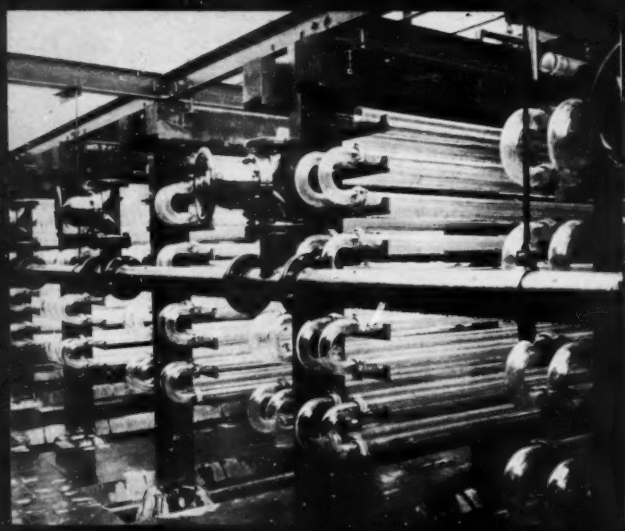
Abajo, a la derecha (Figura de referencia 17): Diseño en color, obtenido en un polariscopio, de uno de los elementos de una válvula de radio. Los gruesos alambres de tungsteno fueron cubiertos con una capa de vidrio antes de ser sellados con la envoltura de cristal en el punto del « pellizco » (la parte sólida y plana obtenida por compresión de los lados del tubo original). Las mayores tensiones se hallan en los puntos de contacto del cristal y el metal, y corresponden al color amarillo-naranja; las tensiones mínimas corresponden a las regiones coloreadas en verde. Aparecen otras ligeras bandas de tensión donde se ha sellado un ancho tubo de vidrio a otro de menor diámetro, con imperfecta recocción; también, justo sobre el « pellizco », debiéndose así mismo a escasa recocción.

ctrodo de gran potencia, de refrigeración de agua, que sirve para ustrar los nuevos adelantos en el sellado de vidrio y metal. (Figura referencia 15).

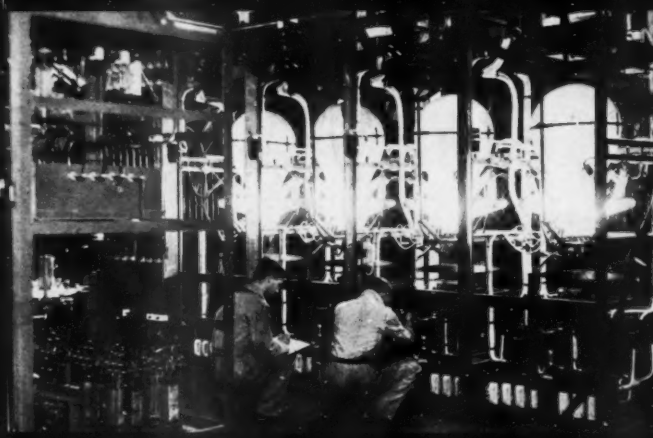


Sistema de torres de condensación de grandes dimensiones, en operación en una fábrica de productos químicos. (Figura de referencia 3)

Uso del torno en la fabricación de un instrumento de cristal de grandes dimensiones. (Figura de referencia 4)



tema de refrigeración de cristal tubular al aire libre en una fábrica ácido clorhídrico. (Figura de referencia 2)



Instalación de rectificadores a arco de mercurio con electrodos múltiples de tungsteno sellado con cristal, en operación. (Figura de referencia 16)

Y de nuevo se nos presenta « Vycor » como un ejemplo de gran interés. Ciertas medidas tomadas por Saunders en 1942 muestran que mientras que a temperaturas ordinarias su expansión es dos veces mayor que la del cristal de cuarzo, a 300° C presentan ambos idéntico coeficiente, y a 700° C el coeficiente de « Vycor » es solamente la mitad del de aquel.

La resistencia a los productos alcalinos, y también a la acción del agua y de los ácidos se intensifica mediante el incremento de la alúmina en la composición del vidrio; y cuando ésta reemplaza a la sílice, el coeficiente de expansión térmica permanece casi idéntico, de modo que la resistencia térmica continúa siendo satisfactoria. La elevada viscosidad de tales vidrios les hace poseer un alto punto de ablandamiento — aunque se aumenta con ello la dificultad de su fusión y moldeo — siendo de gran utilidad hoy para la fabricación de lámparas al vapor de mercurio, vasijas de cristal capaces de resistir el contacto de la llama y tubos de combustión de materias orgánicas para microanálisis.

La Tabla I nos presenta un cuadro de las composiciones y coeficientes de expansión térmica lineal de algunos vidrios de elevada resistencia química y térmica.

El repentino aumento o disminución de temperatura produce la fractura del cristal debido al desequilibrio de fuerzas entre dos capas que se hallan a distinta temperatura, y existe otro método en aplicación para el caso de cristales de moderado grosor (de unos 0,45 cm o más) según el cual se aumenta su resistencia térmica por medio del temple o endurecimiento del vidrio. Dicho proceso va explicado más adelante al tratarse de la resistencia mecánica del vidrio.

El punto de deformación sirve también para determinar la zona de temperaturas en la cual podrá utilizarse el cristal sin riesgo; y se define como la temperatura necesaria para que se deforme el cristal bajo una ligera carga dada. Esta deformación queda registrada mediante un aparato muy sensible que se utiliza también para medir la expansión térmica hasta el punto de ablandamiento. El punto de deformación corresponde a M_g en la curva de expansión térmica de la figura 1. El punto de reblandecimiento es más elevado, y puede definirse como la temperatura necesaria para que la viscosidad alcance la figura de 10^8 unidades. Como va indicado en la Tabla I se hallan hoy en uso cristales de elevado punto de reblandecimiento, alrededor de 1.000° C, además de los cristales de sílice fundida y « Vycor ».

Las fotografías de las figuras 2 y 3 de maquinarias técnicas de extensas dimensiones muestran hasta qué punto la transparencia, resistencia química y térmica, y aguante mecánico han permitido el empleo del cristal como material de construcción. Se hallan hoy en uso tuberías de hasta 30 cm de diámetro para el transporte de líquidos, incluyendo fuertes ácidos, en cuyo caso van completadas con poderosas válvulas de control del mismo material, que han probado ser enteramente satisfactorias. La fotografía de la figura 4 muestra la fabricación de enormes aparatos mediante el uso, por un moderno soplador de vidrio, de un torno que sostiene y hace girar el artículo en fabricación.

LA RESISTENCIA MECANICA DEL CRISTAL

La resistencia mecánica puede determinarse por medio de la resistencia de tensión, o sea la fuerza o carga necesaria por unidad de área para producir la quebradura de una pieza de prueba que cuelga vertical y libremente; o puede también determinarse mediante el módulo de ruptura obtenido depositando la carga sobre varillas o listones de vidrio que descansan en dos puntos de apoyo: la fórmula de dicho módulo es $f = \frac{3Wl}{2bd^2}$, donde f es el módulo de ruptura, W la carga, l la distancia entre los puntos de apoyo, b la anchura y d el grosor de las varillas; o se puede determinar así mismo mediante pruebas de choque que se llevan a cabo generalmente dejando caer bolas de acero de diferente peso desde una altura dada sobre una lámina de cristal sostenida en un marco.

Los valores de la resistencia de tensión del vidrio obtenidos varían entre 425 y 1.260 kg/cm², valores bajos en comparación con los de los metales, pero suficientemente elevados para permitir la utilización del cristal en multitud de casos. Pero a más de la baja resistencia de tensión, el cristal es muy frágil, y sus fragmentos muy afilados, lo que hace peligroso su uso. El problema del fabricante de vidrio ha consistido pues en aumentar el margen de firmeza mecánica y adoptar procedimientos que prevengan la posibilidad de daños causados por la fragmentación, si llega a producirse la fractura. Antes de indicar las parciales soluciones obtenidas a dichos problemas, indicaremos en sumario algunos de los resultados de numerosos estudios realizados durante los quince años últimos sobre la resistencia mecánica del cristal.

1) El vidrio es el sólido más elástico. Su resistencia a la compresión es elevadísima, sin que

se haya podido determinarla exactamente hasta hoy día. El vidrio se quiebra siempre debido a una excesiva tensión.

2) A pesar de su aparente rigidez, en temperaturas normales el vidrio actúa como un líquido de alta viscosidad; viscosidad que varía entre 10^{48} unidades (F. W. Preston, 1942) y 10^{24} unidades — según medidas llevadas a cabo en Sheffield — a una temperatura de 200° a 300° C.

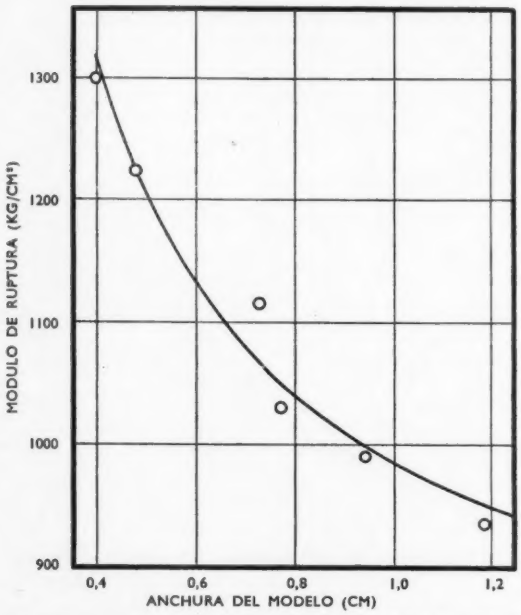


FIGURA 5 – *Relación de la anchura y módulo de ruptura de láminas de cristal en tiras.* (*Según Holland y Turner.*)

3) Los cambios en la composición del vidrio no producen una variación manifiesta en la firmeza del mismo. Y si tal variación llega a producirse, otros factores parecen ocultarla.

4) La resistencia de carga — módulo de ruptura — es más baja a temperaturas ordinarias que a 500° C o a −200° C (Preston, 1942; Jones y Turner, 1942).

5) Mientras que las medidas de las constantes ópticas, térmicas, eléctricas, etc., dan siempre resultados satisfactorios en las pruebas con distintas muestras de una misma clase de vidrio, las medidas de resistencia mecánica varían tan enormemente que dichas determinaciones han de ser tratadas por procedimientos estadísticos.

6) El valor de la resistencia de tensión, o módulo de ruptura del cristal, sólo tiene significado claro cuando se le relaciona con un patrón de

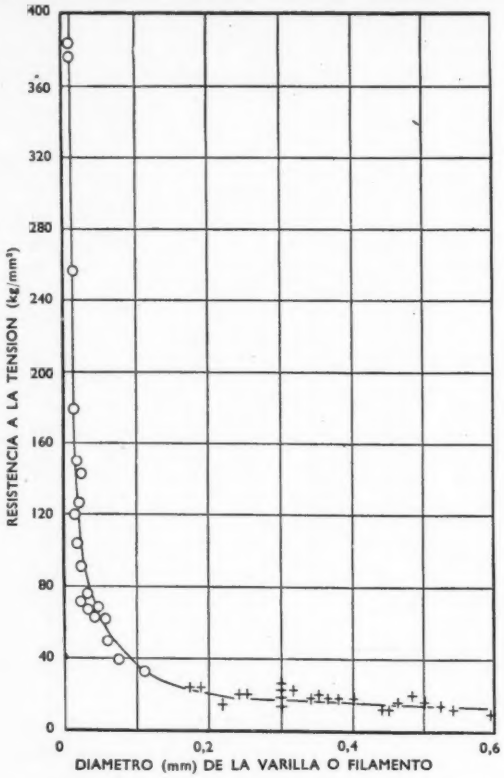


FIGURA 6 – *Relación entre la resistencia a la tensión y el diámetro de varillas o filamentos de vidrio.*
O *Medidas de A. A. Griffith* (1920).
+ *Medidas de E. J. Gooding* (1932).

prueba de dimensiones dadas. Dicho valor no cambiará mucho cuando se le determina por medio de piezas de tamaño relativamente grande, pero el módulo de ruptura aumenta cuando la anchura decrece, como se indica en la figura 5 (Holland y Turner, 1934). En piezas de prueba pequeñas — y se han sometido a prueba piezas de hasta 30 cm — el módulo cambia también con el aumento de la distancia entre los puntos de apoyo. Esta influencia de la dimensiones se demuestra de una manera palpable mediante el enorme aumento de la resistencia de tensión producido al sustituir delgadas varillas de cristal por finos filamentos, como se indica en la figura 6, en la que se combinan los resultados obtenidos por A. A. Griffith (1920) y E. J. Gooding (1932). Se ha llegado a obtener filamentos finísimos de una resistencia de tensión de unos 126.000 kg/cm². También en los coeficientes de resistencia de los metales influyen las dimensiones

de las piezas de prueba, según halló Karmarsch (1858) al determinar la resistencia de tensión de los alambres; pero el aumento de los valores de resistencia se acentúa muchísimo más en el vidrio, y más adelante nos referimos a los esfuerzos realizados para utilizar tan curioso fenómeno.

7) Todo método que o bien suprima fallas en la superficie del cristal, o bien las mantenga selladas, aumenta su resistencia. El módulo de ruptura aumenta decididamente en razón del grado de pulimento aplicado a una tira de cristal que, al ser cortada de una gran lámina con un diamante, ha quedado con las aristas llenas de pequeñas fisuras de varia profundidad (Holland y Turner, 1936). Al sellar tales fisuras por medio del calor se aumenta la resistencia a su más elevado nivel, y se obtiene idéntico resultado si se mantienen cerradas dichas fisuras mediante la carga del cristal de manera que el borde aserrado quede en compresión. El pincelaje con ácido hidrofluórico, que hace desaparecer tales fisuras, aumenta también la resistencia.

8) El tiempo de carga influye también en la determinación de los valores de resistencia, de manera que las pruebas de impacto y de carga han de producir resultados diferentes. Pueden aplicarse por breve tiempo cargas mucho más pesadas que cuando el intérvalo es más largo (Preston, 1942), hasta tal punto que, según cuidadosos experimentos realizados (Holland y Turner, 1940), sólo cuando la carga queda reducida a un 30% de la determinada en las pruebas de fractura instantánea, puede el cristal soportarla indefinidamente. Se ha establecido una fórmula empírica relacionando el tiempo transcurrido antes de la fractura con la carga: $t = {}_a L^b$; donde L es la carga, y a y b son constantes, con $b = 12{,}8$.

9) Las líneas del estrellado que la fractura produce en el cristal están relacionadas con su valor de resistencia. Si éste es muy elevado, el estrellado tiende a complicarse mediante la bifurcación de las grietas. Las tiras delgadas de cristal con bordes de corte de diamante que se quiebran con una fractura simple, presentan radiantes que se hacen tanto más complicadas cuanto más reducidas estén las fisuras por medio del pulido mecánico o ígneo. Dicha relación continúa funcionando aún en el caso de que el cristal haya sido templado y fortalecido. La figura 7 muestra la fractura producida por el impacto de una bola de acero en cristales de temple ligero, moderado e intenso, respectivamente; apareciendo clara la mayor complicación del estrellado en el material de mayor resistencia.

De todo lo dicho se deduce que en el uso corriente del cristal, el factor de seguridad tiene considerable importancia, y ha de ser determinado en relación a las dimensiones del cristal que se vaya a utilizar. Es más, cualquier procedimiento que sirva para reducir el número y dimensiones de las fisuras, o que las mantenga cerradas, aumentará también el poder de resistencia a la carga.

El procedimiento más efectivo para aumentar la resistencia del vidrio en general es el del temple, cuyo resultado es « solidificar » las fuerzas de compresión en las superficies, lo cual retarda la apertura de las fisuras. Unicamente la aplicación de una fuerza de tensión muy considerable neutralizará las fuerzas de compresión, produciendo un estado durante el cual el cristal tiende a quebrarse. El procedimiento de « endurecimiento » por medio del temple del cristal, cuando se halla

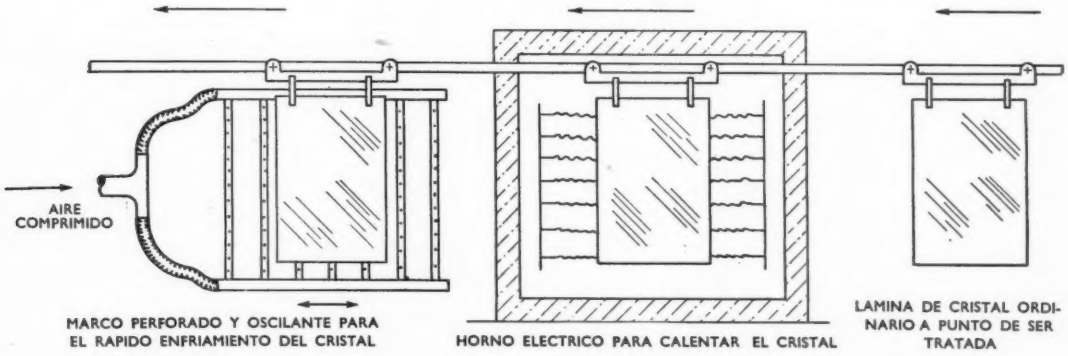


FIGURA 8 – *Diagrama ilustrativo del proceso de templado, o « endurecimiento » del cristal, que consiste en exponer ambas caras de una lámina de cristal uniformemente caldeada a una corriente de aire.*

éste aún blando, es conocido de antiguo, según nos muestra el conocido ejemplo de las « gotas de Rupert », mencionado por Merrett en 1662. Pero su aplicación en gran escala no ha tenido lugar hasta bastante recientemente. Los primeros esfuerzos fracasaron a causa de las dificultades relacionadas con la homogeneidad del vidrio, y el calentamiento y enfriamiento uniformes de la pieza en temple. Las Fabricas de Cristal de St. Gobain, Francia, obtuvieron cierto éxito en el procesado del cristal en su forma más simple, esto es, en láminas (1929). Se generalizó poco después el uso de lunas endurecidas por el tratamiento al calor para parabrisas de automóviles. La figura 8 muestra el principio sobre el que se basa su fabricación. Se calienta de una manera uniforme el vidrio hasta una temperatura de unos 610° C, se le saca del horno y se la enfría rápida y uniformemente por medio de una corriente de aire, lo que produce el endurecimiento de la superficie del cristal mientras que el interior permanece aún caliente y moldeable, con el resultado de que considerables fuerzas de compresión actúan en las capas más superficiales.

Por medio de este procedimiento es posible decuplicar la resistencia de carga y de impacto del cristal e intensificar al mismo tiempo su resistencia a la torsión; en la práctica, sin embargo, se controla el temple de tal modo que resulte en un aumento de resistencia de tres a seis veces mayor que el de la lámina original. Las láminas de la figura 7 (A, B, y C) fueron sometidas a un proceso que les dió 2,0, 4,0 y 6,5 kg/mm² de tensión máxima. La fotografía en color (figura 9) muestra las formas y líneas obtenidas en la superficie de la lámina al ser ésta observada por un polariscopio provisto de una lámina on da de mica. Las figuras 10 y 11 fueron obtenidas a

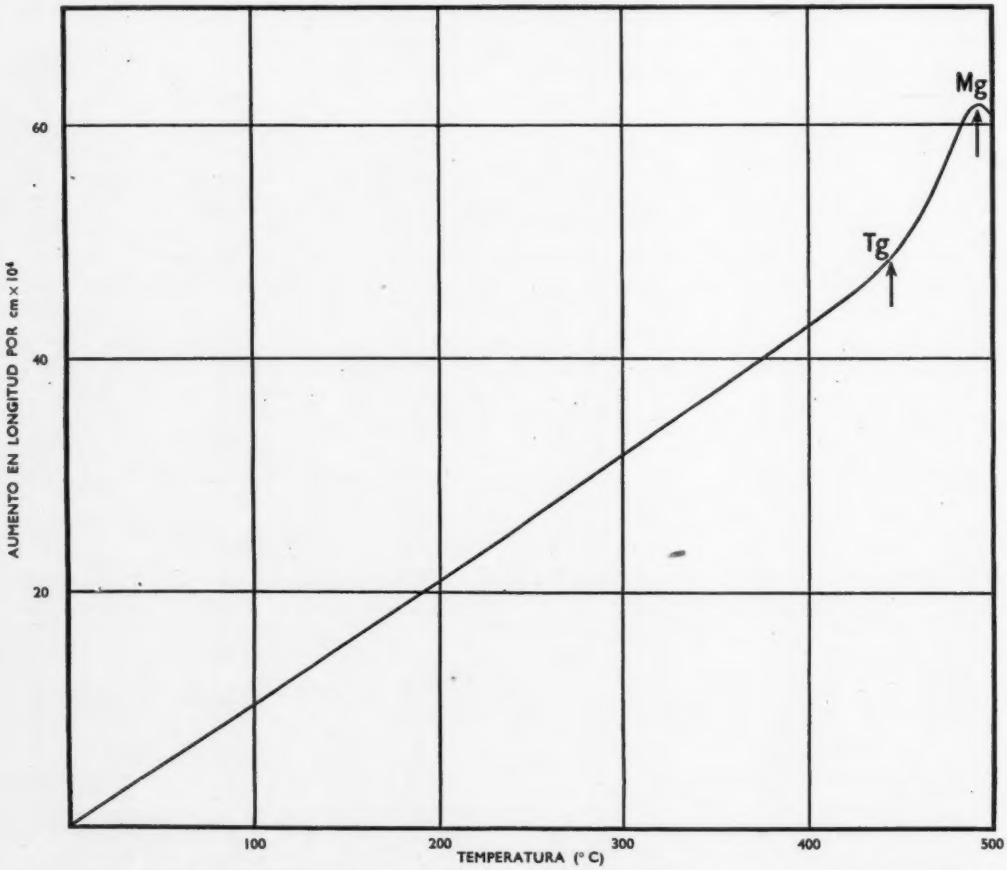


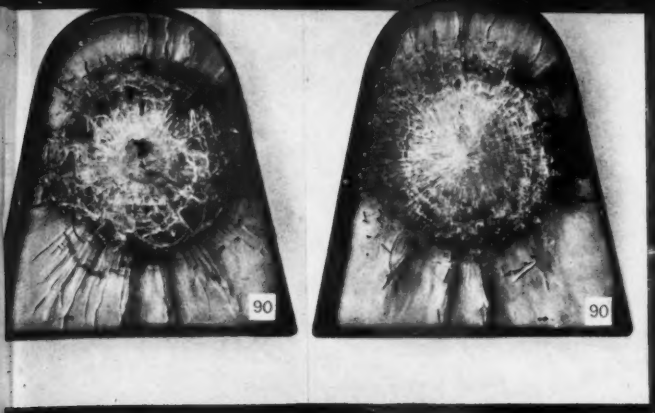
FIGURA 1 – *Curva de expansión termal desde una temperatura ordinaria hasta el punto de deformación de un vidrio a base de sosa, potasa, óxido de plomo y sílice. Aun a temperaturas menores a* T_g (445° *C*), *la curva se eleva rápidamente a intérvalos.*

Frente v
la prueb
Izquierd

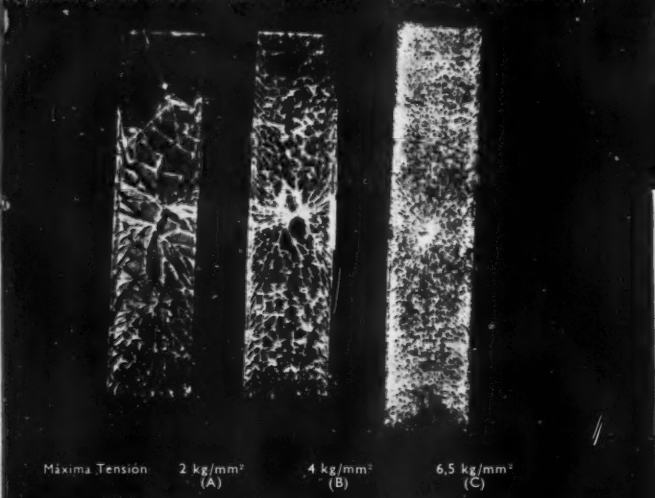
MÁ

Forma
sobre
Temp
Temp

Aisl
serv



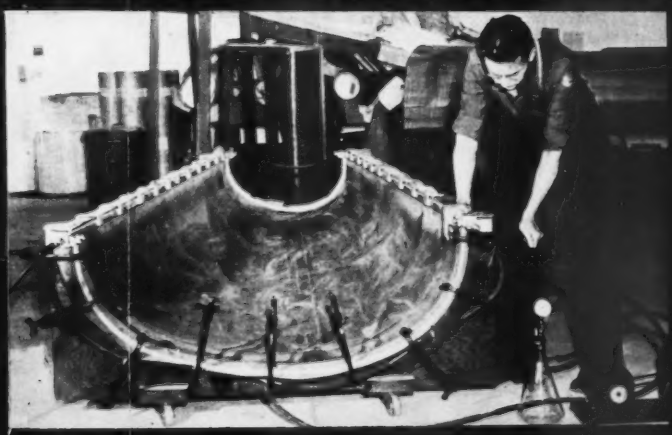
Frente y revés de una mirilla de avión de bombardeo tras haber sufrido la prueba de un impacto con una bala blindada de calibre 0,303. Izquierda: frente de la mirilla; derecha: revés. (Figura de referencia 14)



Formaciones de estrellado obtenidas dejando caer una bola de acero sobre láminas de cristal. (Figura de referencia 7.) Izquierda: (A) Templado ligero. Centro: (B) Templado moderado. Derecha: (C) Templado intenso del cristal.

Aislador de vidrio templado, de alta tensión, en posición en una línea de servicio. (Figura de referencia 13)

El Pabellón erigido en la Exposición de París de 1937 por las Glaceries de la Cie. de Saint Gobain; construido con bloques de vidrio, y la gran escalera con láminas de cristal templado. (Figura de referencia 12)



Preparación del fuselaje de un avión norteamericano, hecho con fibra de cristal reforzada con un material plástico. (Figura de referencia 26)

Retorcido de los filamentos de cristal a fin de formar un hilo más grueso. (Figura de referencia 21)

Madejas de fibra vítrea obtenidas por el antiguo proceso de continuidad. (Figura de referencia 19)

Gruesas fibras de vidrio usadas como empaquetadura, a causa de extensa área de superficie que poseen, para las columnas de destilac en la producción del alcohol industrial. (Figura de referencia 24)

Tejiendo con hilo de vidrio. (Figura de referencia 25)

Fibra de vidrio producida en forma de sábana o colchoneta continua por el moderno procedimiento de la presión a vapor. Las ilustraciones muestran el cortado y reforzado del material. (Figuras de referencia 22 y 23)

través de los bordes de las láminas, observadas en el compensador de Babinet, y que habían sido templadas para darles una resistencia de 3,0 y 7,5 kg/mm² respectivamente, mediante la refrigeración desde su temperatura máxima a la normal en un período de 240 y 55 segundos respectivamente.

Conviene indicar aquí que todos los parabrisas están sometidos, durante su inspección, a una prueba mecánica tal como el bataneo con un martillo, acompañado de un examen a la luz polarizada de las formaciones producidas por la tensión.

La figura 12 sirve para ilustrar la efectividad del control que hoy existe sobre tales procesos de temple: se trata del pabellón de cristalería erigido por la Fábrica de Cristal de St. Gobain para exhibir sus productos en la Exposición de Paris de 1937. Las paredes están construídas con bloques huecos de cristal, y la escalera curvada, por la que subieron y bajaron millares de personas, consiste de láminas de cristal al temple. Idéntica clase de láminas, transparentes y opacas, se han utilizado provechosamente en edificios con enormes fachadas de cristal, habiendo resistido los cambios repentinos de temperatura. También se ha extendido dicho proceso a otros objetos de forma más complicada, una vez adquirida cierta experiencia; por ejemplo las cámaras de las lámparas de los mineros, lentes para ser montadas en cemento, o artículos para uso doméstico tales como vasos, etc. Pero una de sus aplicaciones más sorprendentes fué su utilización, hace unos siete años, para la fabricación de aisladores para líneas eléctricas de alta tensión, aisladores que son hoy de uso corriente en las líneas telefónicas, telegráficas y de alta tensión en los Estados Unidos y en Francia. En la Gran Bretaña, la calidad de los aisladores de porcelana es tan buena que no han sido reemplazados por los de vidrio; a pesar de lo cual, la aplicación por ciertos fabricantes de los procesos de temple a los aisladores de vidrio ha dado a éstos notables ventajas sobre todos los tipos restantes. Su resistencia de carga y choque es muy elevada. La figura 13 muestra un aislador en una de las líneas del Central Electricity Board del Sur de Gales.

Por lo que se refiere a los requerimientos de seguridad contra el peligro que supone la fractura del cristal, cuando éste ha sido templado, los bordes de los fragmentos presentan cierta aspereza que puede causar abrasión, pero no tienen la agudeza cortante del cristal ordinario, pudiendo manejárselos con cierta impunidad.

Otro método para conseguir mayor seguridda en el caso de quebradura del cristal, consiste en su laminación, o inserción de una fina capa de material plástico, el acetato de celulosa, por ejemplo, o el acetato vinyl, entre dos láminas de cristal, procedimiento éste bien conocido y que no necesita descripción. Se aplica en tiempo de guerra para la producción de viseras y mirillas para los apuntadores en los aviones de bombardeo, y ventanillas de los tanques. La mirilla de un avión consiste por lo general de varias láminas de cristal, separadas por capas del material plástico. La figura 14 muestra el frente y el revés de una mirilla puesta a prueba, y que consiste de cinco láminas de 4,75 mm, 19 mm, 4,75 mm, 4,75 mm y 4,75 mm cada una, yendo la capa de 19 mm colocada hacia afuera. En la prueba, las pantallas se colocan a un ángulo de 45° respecto de la línea de tiro, disparándose contra ellas con proyectiles de 0,303 Mark I. Se considera satisfactoria la prueba si no saltan esquirlas de la parte interior de la mirilla.

También se ha aplicado el temple por inmersión en un baño de sales fundidas para la fabricación de utensilios de cocina de cristal, que deben resistir el contacto directo con la llama. En dicho caso, la composición del cristal produce un punto de reblandecimiento y una temperatura de recocción muy elevados (Tabla I), tan elevados en verdad que cuando se calienta el recipiente sobre una llama en una cocina ordinaria, el sistema de fuerzas creado durante el proceso original de temple no se altera, manteniendo el recipiente las propiedades de elevada resistencia mecánica y térmica.

COMBINACIONES DE VIDRIO Y METAL

Se conocen ya desde hace muchísimo tiempo tales combinaciones, obtenidas depositando una capa de plata, platino, cobre u oro sobre una superficie de cristal, a fin de obtener espejos, o simplemente como ornamentos. A dicha lista de metales se ha añadido hoy el aluminio, que, depositado por evaporación, se emplea para producir las superficies de reflexión de telescopios de 200 pulgadas (más de 5 m) de diámetro. También se emplea el aluminio pulverizado a través de una retícula sobre una lámina de cristal al temple, para la fabricación de radiadores eléctricos muy efectivos y atrayentes. Con la excepción del último caso no se requiere una alta resistencia a la temperatura en estos instrumentos, en los cuales la capa metálica es muy delgada y no existen en consecuencia desequilibrios de fuerzas entre el metal y el vidrio. El problema es

diferente en el caso de los múltiples aparatos eléctricos usados para la iluminación y la transmisión de energía. En estos casos las combinaciones son diversas y variadísimas, entrando en ellas capas envolventes de cristal de muy diversa composición, que varían en longitud desde 6,35 mm hasta 1 m; y considerable variedad de metales en formas diferentes: alambres, varillas, chapas, tubos y cilindros. Son estas combinaciones a veces complicadísimas, como en el ejemplo de la figura 15 que representa un tetrodo con refrigeración líquida; o los rectificadores al vapor de mercurio de la figura 16, en los que los polos están formados por varillas de tungsteno que se incandescen cuando están en uso.

La gran diferencia en conductividad del calor que existe entre el vidrio y el metal produce como resultado ciertos desequilibrios de fuerzas y tensiones durante el proceso de enfriamiento después del sellado, o unión de vidrio y metal, y también durante su uso si pasan por el instrumento corrientes poderosas. En general el problema consiste en elegir bien los materiales, y la proporción de las diversas partes que han de ir selladas, para impedir que las fuerzas excedan la máxima resistencia de tensión. Es axioma aceptado desde hace ya mucho que los coeficientes de expansión térmica de dos clases de vidrio, o de vidrio y metal, que hayan de ir unidos deben ser casi los mismos. Pero no es éste el único factor importante en realidad, sino que como ya mostraron Houskeeper (1923) y otros investigadores, Hull y Burger (1928) entre ellos, existen otros medios de resolver el problema, tales como el uso de metales maleables y cristales blandos, y la graduación del grosor del metal y del vidrio empleados en relación

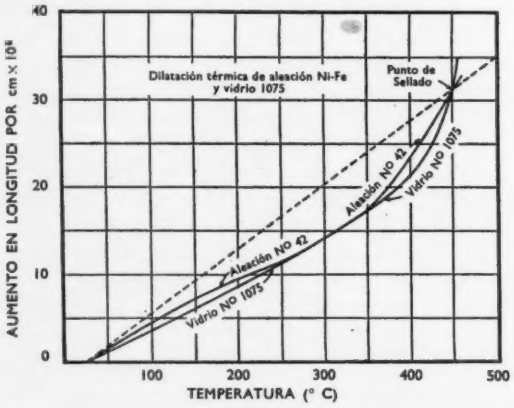


FIGURA 18 – *Curva de expansión térmica de la Aleación No. 42 de hierro y níquel, y del vidrio No. 1075, con el que va sellada.* *(Según Hull, Burger y Navias.)*

con el área de unión, con lo que se pueden conseguir sellados perfectos aún cuando las diferencias en la expansión térmica sean tales que parezcan presentar un problema sin solución.

Por lo general, los factores que aseguran un sellado satisfactorio son los siguientes:

1) La estrecha proximidad de los coeficientes de expansión térmica de los materiales a sellar, bien sean ambos cristal, o bien se trate de cristal y metal.
2) Si la diferencia entre los coeficientes es muy grande se la deberá disminuir mediante la utilización de una o más capas de cristal que, por tener coeficientes de expansión intermedios entre ambos extremos, sirva como de puente. Además de una amplia colección de vidrios utilizados para la fabricación de envolturas, existen en la Gran Bretaña once clases de cristal « graduado » o « de intersellado », con una escala de coeficientes desde 380 a 1.020×10^{-8}, y con diferencias uniformes de 60 a 70 unidades entre sí.
3) El uso de cristales blandos y metales maleables. El uso de un amortiguador entre el metal y la masa de cristal asegura en ciertos casos un sellado satisfactorio; y así, se recubre generalmente el alambre de cobre con una capa de borato de sosa deshidratado; del mismo modo, Hull, Burger y Navias obtuvieron un sellado satisfactorio entre hierro y un cristal a base de plomo, cubriendo el alambre con una tenue capa de un cristal de sosa-cal-magnesia-sílice, semejante al que se utiliza para la fabricación de envolturas de las bombillas eléctricas.
4) El uso de metales con superficies limpias, sin escamas, poros, rayas o arañazos, aunque a veces la formación de una tenue capa de óxido que se disuelve en el cristal favorece la adherencia, con la excepción del caso del platino.
5) La recocción cuidadosa del sellado del cristal.
6) El diseño ajustado de las partes a sellar, con referencia particular a su grosor, área, y ángulo de contacto.

Es necesario que la proximidad de los coeficientes de expansión térmica no esté restringida unicamente a la temperatura ordinaria, sino que se mantenga en toda la extensión de la escala, desde la temperatura normal a la del punto de sellado. La expansión térmica entre dichos puntos no es uniforme en las distintas clases de cristal: a menudo, el coeficiente lineal se eleva rapidamente de un 5 a un 15% en intervalos, y a cierta temperatura, llamada temperatura de transformación (T_g), dicho coeficiente puede aumentar de

200 a 1.000%. La figura 1 representa la curva gráfica de la expansión térmica de un cristal en cuya composición entra el plomo, y que es usado para ciertas válvulas de radio. Por lo general, tampoco poseen los metales coeficientes de expansión uniformes. Los coeficientes de expansión longitudinal entre 0° y 35° C ($\times 10^8$) de algunos metales utilizados comunmente para sellado con cristal son: Platino, 940; Tungsteno, 440; Molybdeno, 550; y Cobre, 1·690. El uso del platino ha sido altamente satisfactorio desde hace mucho tiempo, debido a que los cristales comunes a base de álcali y óxido de plomo, y de álcali y cal tienen coeficientes de expansión térmica longitudinal que varían entre 860 a 950. La utilización del tungsteno y molybdeno para los filamentos metálicos de bombillas requirió la fabricación de cristales con coeficientes de expansión semejantes, a fin de poder realizar el sellado. En adición a los metales ya mencionados, se han utilizado también extensamente las aleaciones « Férnico » de hierro y níquel, cuyos coeficientes de expansión varían notablemente según su composición; bien solos o recubiertos de una fina capa de platino o cobre. Se usan también con frecuencia aleaciones de cromo y hierro para la fabricación de instrumentos electrónicos modernos. La figura 18 muestra un satisfactorio sellado obtenido por Hull, Burger y Navias (1938) entre una aleación de hierro y níquel que contiene 57,8% Fe, 41,5% Ni, 0,5% Mn, 0,2% Si, y un cristal en cuya composición entran: 34% SiO_2, 28% B_2O_3, 7% Al_2O_3, 29% PbO, y 2% Na_2O.

Hay sin embargo otras ocasiones en las que la similitud de los coeficientes de expansión térmica no es suficiente para asegurar el sellado satisfactorio de dos elementos, bien sean éstos cristal y metal, o cristales ambos. Así sucede que el sellado de un cristal transparente y un cristal opalino puede fracturarse facilmente a pesar de que sus sendos coeficientes de expansión sean casi idénticos en una amplia escala de temperaturas; lo cual es más bien debido a la diferencia existente entre los puntos de recocción, siendo necesario obtener una temperatura intermedia para llevar a cabo este proceso. También es posible conseguir un sellado bastante perfecto entre dos cristales cuyos coeficientes de expansión disten entre sí en más de un 10%, siempre que las superficies de contacto hayan sido pulidas a fin de producir una unión precisa, y, una vez conseguida ésta, se lleva a cabo el proceso de recocción con todo cuidado. Es más, a pesar de que el coeficiente de expansión del hierro está mucho más próximo al del cristal común que el del cobre, aquel es siempre mucho más difícil de sellar directamente con el cristal que éste. Un factor importante para prevenir la acumulación de excesivas tensiones, es la capacidad de ceder a la tensión de uno o ambos miembros de la combinación. Tal condición se cumple: (1) Si la viscosidad del cristal es relativamente baja, y el metal maleable; (2) Si ambos van usados en delgadas capas. Ahora bien, la viscosidad de los cristales a base de plomo a 550° C es mil veces menor que la del cristal de álcali-cal (Boow y Turner, 1942) y por lo menos 10.000 veces menor que los cristales Pyrex y Hysil, haciéndose dichas diferencias mucho mayores a temperaturas ordinarias. Los cristales que contienen óxido de plomo son por tanto más capaces de ceder a las tensiones que otros cristales de tipo más ordinario. Y es de notar que, durante generaciones, ha sido práctica de los sopladores de cristal fundir alrededor de un alambre de platino una bolita de vidrio a base de plomo que va a formar la unión con las paredes de la vasija de cristal; del mismo modo, muchos de los vidrios de sellado más satisfactorios hoy día contienen de un 20 a un 30% de óxido de plomo. Los tres cristales especiales producidos por Hull, Burger y Navias (1941) contienen aproximadamente un 30% de PbO. Entre los metales, el cobre es especialmente maleable, y como las tensiones lo deforman con cierta facilidad, puede sellarse satisfactoriamente con una gran serie de cristales. Un extremo de un tubo de cobre con un coeficiente de expansión térmica de 1.607×10^{-8} puede ir sellado a un cristal Pyrex, mientras que el otro extremo va sellado a un cristal de plomo. El éxito de tales operaciones depende del afilado de las paredes del cristal y del tubo de cobre, para que sean éstas de gran delgadez en el punto de unión y cedan a las tensiones, permaneciendo de este modo el sellado sin quebrarse.

Gran parte del éxito obtenido en la fabricación de instrumentos electrónicos u otros aparatos eléctricos modernos en los que van sellados cristal y metales, se debe a procedimientos en los cuales se ha prestado gran atención al área, grosor y ángulo de contacto del cristal y metal, tales como los aconsejados por Houskeeper en 1923 y desarrollados ampliamente en recientes investigaciones.

LA FIBRA DE CRISTAL Y SUS APLICACIONES INDUSTRIALES

Cuando se halla en forma de filamentos, ciertas propiedades únicas del cristal encuentran especial aplicación, aunque ya no existe en su sentido ordinario la transparencia. La industria de la

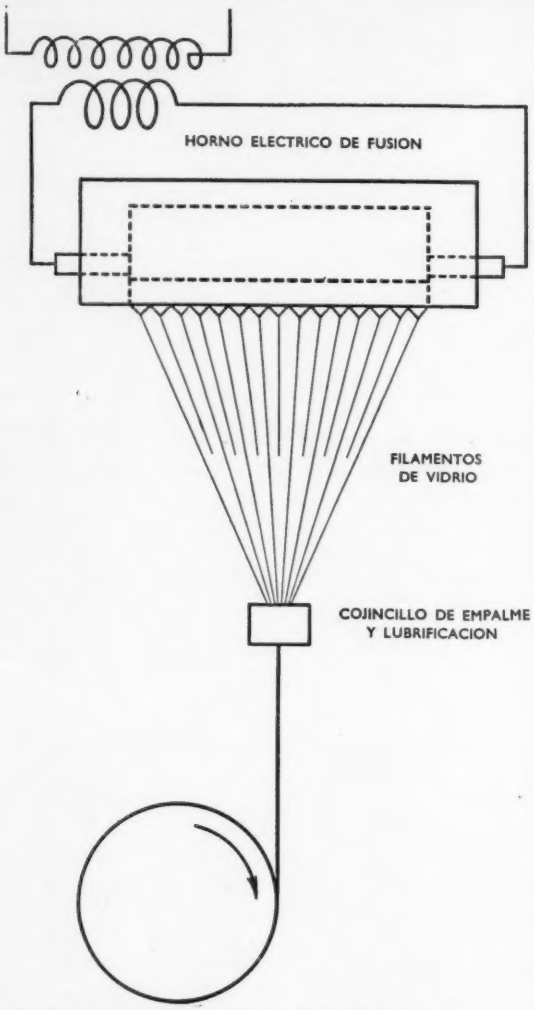


FIGURA 20 – *Diagrama ilustrativo del procedimiento de extracción continua del filamento de vidrio.*

fibra de cristal ha adquirido importancia extraordinaria. Es indudable que sus aplicaciones para la guerra han estimulado grandemente dicho avance.

Las fibras de vidrio son estériles, a prueba de fuego, resistentes al agua y, por lo general, químicamente inactivas. Presentan una extensa superficie en relación con su masa, en la que contienen cantidades tan elevadas de aire que son utilísimas como aisladores de calor y sonido. Cuando se trata de fibras hiladas en cuya composición no entran los óxidos alcalinos, su resistencia eléctrica es muy elevada, pudiendo ser utilizadas como aisladores eléctricos. Pueden fabricarse fibras gruesas o extremadamente finas, ya que su diámetro depende del uso a que se vayan a destinar. Como ya se ha indicado anteriormente, la resistencia a la tensión crece en el cristal al disminuirse el diámetro de la fibra; y a dicha alta resistencia se añade además en el cristal de reducido diámetro una gran flexibilidad que permite la producción de rizos y nudos. La satisfactoria producción de tejidos depende unicamente del uso adecuado de las finísimas fibras de vidrio existentes hoy en el mercado. Y, por último, se están realizando ya esfuerzos para utilizar la elevadísima resistencia a la tensión que poseen los filamentos de vidrio.

Gran parte del filamento de vidrio fabricado se emplea en la manufactura de cintas y paños de diferente textura (figura 25). También se usan dichas fibras para aislante del arrollamiento del inducido o para los cables. La alta capacidad de aislación eléctrica y térmica de dichas fibras hace que un motor revestido de ellas pueda trabajar con una carga muy superior a la que podría soportar si se utilizase la fibra de algodón como elemento aislador.

Las fibras de vidrio combinadas con materiales plásticos tienen hoy usos especiales.

Se sumergen las fibras, bien colocadas en líneas paralelas o bien en forma de sábanas, en un material plástico, pero sin haberlas recubierto antes con un lubricante, con lo que el cristal y el material plástico se hallan en contacto directo, siendo éste la capa que protege la fibra de vidrio. Se lamina entonces a baja presión dicha combinación, y el resultado es un material de elevada resistencia a la tensión. En la tabla que sigue se señalan los resultados de las pruebas llevadas a cabo con distintas secciones construídas para fuselajes de aeroplanos con aluminio, madera laminada, y la mezcla de fibra de vidrio y material plástico.

TABLA II

Comparación de la resistencia de Fuselages de diversos materiales

Estructura del Fuselage	Peso de la sección en prueba (lb)	Carga-límite de destrucción (lb)	Relación entre resistencia y peso
Vitrotex — Balsa Plástica ..	78	2590	33
Aluminio	70	1550	22
Madera laminada de Abedul ..	86	1580	18

Algunos momentos dramáticos en la historia de la ciencia en la Gran Bretaña

ALLAN FERGUSON

La investigación científica no es una actividad tan escasa en acontecimientos como Francis Bacon pretendió hacernos creer. Hay en ella inspiraciones repentinas y emociones inesperadas. En tales ocasiones, la flema británica no permite los excesos osculatorios de los franceses, ni la indiferencia hacia las fórmulas sociales de Arquímedes; lo que no quiere decir sin embargo que los sabios británicos no sientan la emoción que se encierra en episodios dramáticos tales como los que el Profesor Ferguson relata a continuación.

Cree el común de las gentes que la vida del hombre de ciencia se desliza pausada y silenciosamente, sin color, y vacía de incidentes. Y la verdad — una verdad no reconocida tan así como así — es que el hombre de ciencia es, en el fondo, un artista; tiene todas las intuiciones y la sensibilidad de un artista. Kékulé, soñador empedernido — el orígen de su *Structurtheorie* fué un soñar despierto con átomos que le danzaban delante de los ojos, mientras el autobús le conducía a Clapham, allá por el año 1850 — ha resumido cierto aspecto de las actividades del científico con estas agudas palabras: « Aprendamos a soñar... quizás entonces hallemos la verdad . . . mas guardémonos de publicar nuestros sueños hasta haberlos sometido a las pruebas del despierto entendimiento ».

FIGURA 1 – *Henry Cavendish* (1731–1810).
(*Según un dibujo en el British Museum*)

Y no es que debamos clasificar toda mente y todo caracter científico bajo un mismo encabezamiento. La casa de la ciencia tiene muchas cámaras, y hay en ella espacio, tanto para Davy el entusiasta como para el apacible y retirado Darwin, o el timidísimo y taciturno Cavendish quien, según nos asegura uno de sus biógrafos, pronunció durante sus casi ochenta años de vida menos palabras que ningún otro mortal, sin excluir a los monjes de la Trapa.

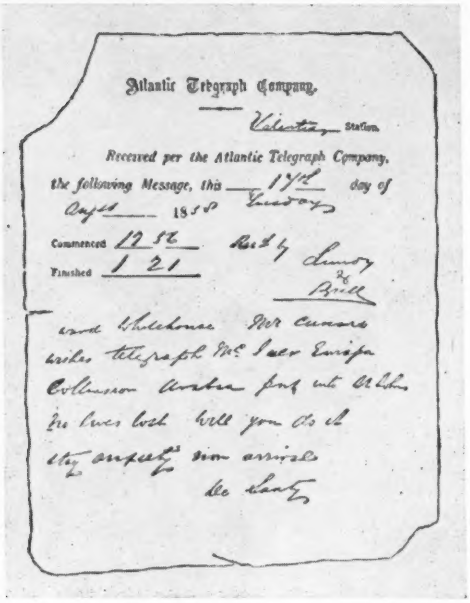
En la vida de un hombre de ciencia hay ciertamente numerosos momentos dramáticos, momentos que Davy o Rutherford llamarían dramáticos pero que no serían así considerados por el cauto e impasible Cavendish. El drama real de ciertos momentos puede o no aparecer claro a los ojos del actor; el público puede quizás apreciarlo mejor; y muchas veces su significado no queda plenamente reconocido hasta largo tiempo después del suceso. Ni es tampoco necesario que dicho suceso sea transcendental; el efecto dramático no ha de estar por necesidad proporcionado con la importancia de la ocasión. Así, cuando en 1866 leyó Newlands ante la Chemical Society de Londres un estudio en el que indicaba que si los elementos se colocaban en el orden de sus pesos atómicos, aparecía una recurrencia periódica de propiedades semejantes, otro miembro de la concurrencia, tan distinguido como escéptico, preguntó irónicamente a Mr Newlands si había estudiado los efectos de la ordenación de los elementos por orden alfabético. Momento dramático, ciertamente. Y un momento en el que el drama aparece mucho más evidente al espectador moderno que lo fué al público victoriano que escuchó a Newlands explicar su Ley de Octavas, precursora de la Ley Periódica. Cuando menos, el incidente puede servir de aviso a los humoristas descarrilados.

Más dramática aún, y en un orden de importancia totalmente distinto, fué la escena entre T. H. Huxley y el Obispo Wilberforce durante la conferencia convocada por la British Association en Oxford durante 1860. El año antes había publicado Darwin su « Orígen de las Especies », y las teorías darwinianas permearon por completo dicha conferencia. Había ayudado al Obispo — brillante orador y habilísimo dialéctico, pero por completo carente de educación científica — en la preparación de su discurso el eminente zoólogo Richard Owen. Durante el transcurso de su peroración se volvió hacia Huxley y « con sonrisa insolente le rogó que le informase si pretendía él descender del mono por parte de padre o de madre». Aquello bastó. Huxley se golpeó con la mano en la rodilla y exclamó a los que le acompañaban: « El Señor lo ha puesto en mis manos ». Y en su respuesta Huxley, tras haber desmenuzado los argumentos presentados por el Obispo, se volvió hacia éste y respondió a su cuestión personal en forma tan cortante y sarcástica, tan severa y, con todo, tan llena de dignidad, que al comprender el auditorio el pleno significado de sus palabras, el creciente oleaje de aplausos ahogó su discurso. Es hoy difícil decir cuáles fueran los términos exactos de la respuesta de Huxley; los testigos presenciales coinciden en lo general pero difieren en cuanto a las frases concretas. La relación del historiador John Richard Green es una de las versiones que tienen hoy mayor aceptación entre las muchas que existen: « Afirmé — y lo mentengo ahora — que no tiene el hombre motivo de avergonzarse por tener un mono por abuelo. Si hubiese yo de avergonzarme de la memoria de un antepasado, sería más bién de la de un hombre — un hombre de inteligencia inquieta y versátil — que no satisfecho con un triunfo equívoco en su propia esfera de actividad, se entromete en cuestiones científicas, de las que no tiene verdadero conocimiento, sin más intención que obscurecerlas con una retórica sin objeto y apartar la atención de sus oyentes del real punto en cuestión por medio de elocuentes digresiones y hábiles exhortaciones a los prejuicios religiosos ». Otro dramático momento en verdad.

FIGURA 2 – *Caricatura de Thomas Henry Huxley (1825-95), en su edad madura.*

Otro de los momentos dramáticos que me ha intrigado más es el momento en que Clerk Maxwell, ocupado allá hacia el año de 1870 en publicar algunos manuscritos inéditos de Cavendish, halló que había llegado éste, durante sus trabajos realizados en 1781, a formular opiniones correctas acerca de la resistencia eléctrica, anticipándose por casi medio siglo a la Ley de Ohm.

Era Cavendish persona singularísima: tímido, reservado y taciturno, le consumía una pasión — si tal puede decirse de persona tan impasible —, la pasión de la medida exacta de las cosas. El mundo exterior era para él una colección de objetos que tenía que pesar y medir con toda la exactitud de que fuera capaz; y su exactitud fué siempre algo remarcable. No lo fué menos la falta de interés que mostró en la publicación de su obra; como si una vez satisfecha su curiosidad poco le interesase la opinión que sus contemporáneos pudiesen formar de su trabajo, sin preocuparle en absoluto el fallo de la posterioridad. Sin embargo, quedaron en su obra publicada algunas memorables sugestiones que hubiera debido tener en cuenta la posteridad; así, en un estudio acerca de la composición del aire hallamos: « . . . si existe en el aire flogisticado de nuestra atmósfera (o sea, el nitrógeno) alguna parte que sea diferente del resto, dicha parte, podemos deducir con toda seguridad, no ha de formar mas que un 120avo. del conjunto ». Cabe por tanto preguntarse si otro de los grandes momentos de la ciencia, el anuncio del descubrimiento del argón, un nuevo componente del aire realizado hacia el final del siglo XIX, no


Atlantic Telegraph Company.

Valentia Station.

Received per the Atlantic Telegraph Company, the following Message, this 17th day of August 1858

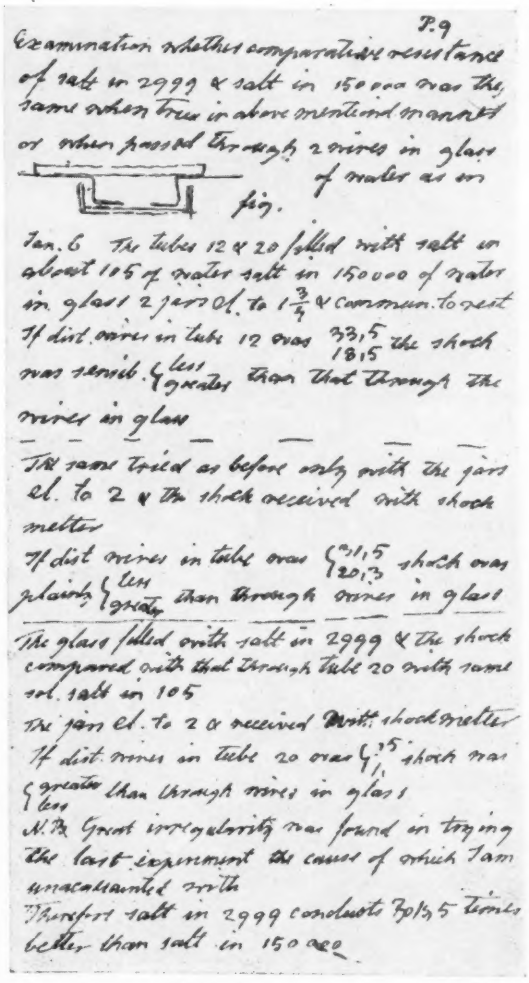
Commenced 12 56 Finished 1 21

FIGURA 3 – *Uno de los primeros mensajes transmitidos por el primer cable transatlántico.*

hubiera podido adelantarse una o dos generaciones, si los químicos se hubiesen dado plena cuenta del significado de las palabras de Cavendish. Nos parece evidente que tiene éste derecho a parte de la gloria del descubrimiento del argón.

Pero volviendo al punto de sus investigaciones eléctricas, y en particular a las que tratan de la medida de la resistencia, debemos tener en consideración ante todo su fecha: 1781. La célula de Volta todavía tardaría cerca de 20 años en ser descubierta; y el galvanómetro aún más del doble. La única fuente de energía eléctrica que poseía Cavendish era una máquina de fricción y, créase o no, él mismo era su propio galvanómetro. Su procedimiento era característico y único. Luego de haber cargado una batería de frascos de Leyden hasta cierto grado que le indicaba un electrómetro rudimentario, descargaba las baterías alternativamente a través de las resistencias que quería comparar, haciendo pasar la corriente por su cuerpo a fin de notar mentalmente su fuerza por la intensidad del calambre sufrido. Las resistencias consistían generalmente de soluciones salinas contenidas en tubos de dimensiones dadas que se ajustaban unos a otros hasta que la intensidad del calambrazo era la misma. Es asombrosa la exactitud de los resultados obtenidos por Cavendish, considerando el método por él empleado.

La nota que Maxwell puso a ciertos resultados hallados por Cavendish al comparar la resistencia del alambre de hierro con la del agua de mar dice: « Esto equivale a decir que el hilo de hierro conduce la electricidad 555.555 veces mejor que una solución salina saturada de agua de mar. Comparando los experimentos de Matthiessen con el hierro y los de Kohlrausch con soluciones de cloruro sódico a una temperatura de 18° C se deduce que la razón es 451.390. Si se aumenta la temperatura la resistencia del hierro crece y la de la solución disminuye, así que a una temperatura de 11° C la razón entre ambas resistencias coincidiría con la señalada por Cavendish ». Tal descubrimiento llenó de entusiasmo a Maxwell, que se daba buena cuenta de su dramatismo; repitió los experimentos de Cavendishó utilizando


P.9

Examination whether comparative resistance of salt in 2999 & salt in 150000 was the same when tried in above mentioned manner or when passed through 2 wires in glass of water as in fig.

Jan. 6 The tubes 12 & 20 filled with salt in about 105 of water salt in 150000 of water in glass 2 jars el. to 1 3/4 & common. to rest If dist. wires in tube 12 was 33,5 / 18,5 the shock was sensib. less / greater than that through the wires in glass

The same tried as before only with the jars el. to 2 & the shock received with shock meter

If dist wires in tube was 21,5 / 20,3 shock was plainly less / greater than through wires in glass

The glass filled with salt in 2999 & the shock compared with that through tube 20 with same sol. salt in 105

The jars el. to 2 & received with shock meter If dist. wires in tube 20 was 1,5 shock was greater / less than through wires in glass

N.B. Great irregularity was found in trying the last experiment the causes of which I am unacquainted with

Therefore salt in 2999 conducts 30,5 times better than salt in 150000

FIGURA 4 – *Página de un manuscrito de Cavendish.*

FIGURA 5 – *Sir Isaac Newton* (1642–1727).

FIGURA 6 – *Woolsthorpe, lugar donde nació Newton.*

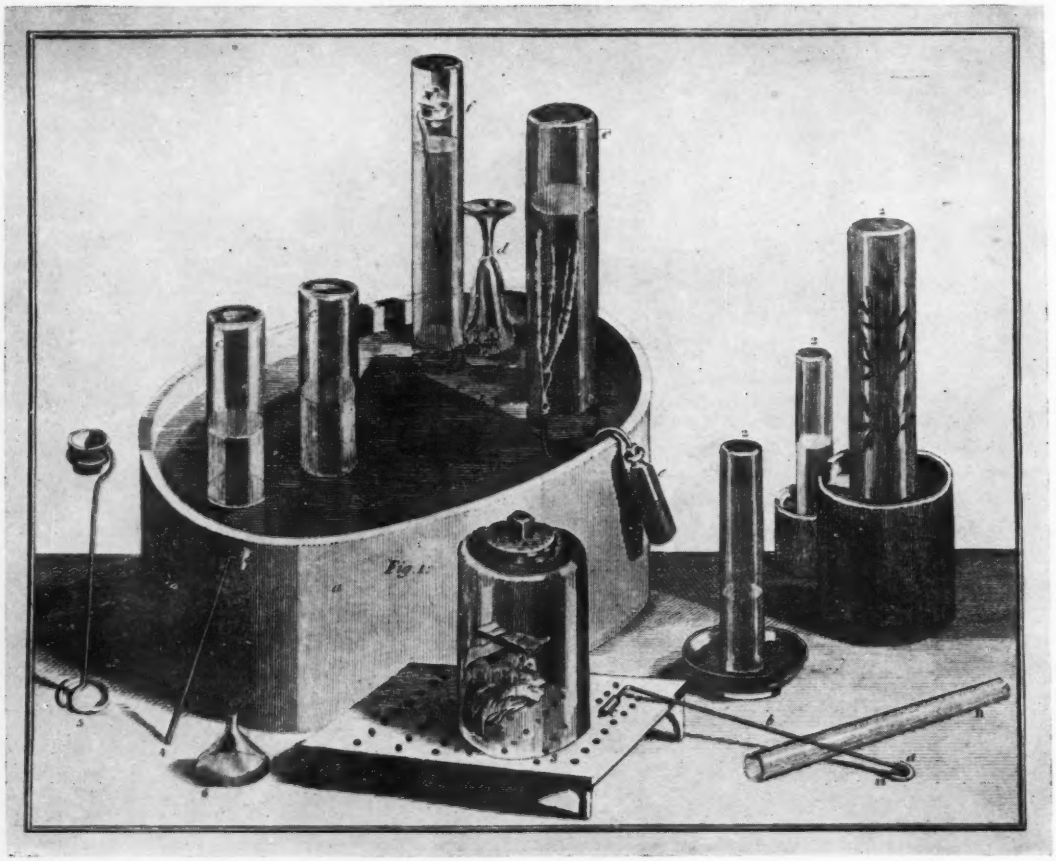


FIGURA 7 – *Aparatos con que trabajó Priestley.*

idénticos métodos, e insistía, ignorando toda consideración, en que todos los que visitaban su laboratorio probaran su calambrómetro. Pero si lo que buscamos es la trascendencia de las consecuencias, la entrevista entre Halley, el astrónomo, y Newton, en 1684, nos ofrece un dramatismo digno de la pluma de Shakespeare. Entrevista aquella que sirvió más que ninguna otra cosa, para determinar el curso que la ciencia física había de seguir durante más de dos siglos. La Ley del Cuadrado Inverso de Gravitación era entonces tema discutidísimo entre los miembros de la recién fundada Royal Society. Ya a principios del siglo XVII había enunciado Keplero, tras largos años de paciente cálculo, sus tres leyes de las mociones planetarias. Ahora bien, no es difícil deducir de la última hey de Keplero la Ley del Cuadrado Inverso, y varios astrónomos, incluso Halley, lo habían hecho así; pero el problema inverso resultaba insoluble: dada la Ley del Cuadrado Inverso, calcular la posible órbita de un planeta. Halley, Hooke y Wren habían discutido dicho problema juntos y, según Halley, Hooke, que era un tanto fanfarrón además de ser hombre de grandes luces, « afirmó que, partiendo de tal principio podían probarse todas las Leyes de las Mociones Celestiales, y que él mismo lo había llevado a cabo ya. . . . Mas recuerdo que al no quedar muy convencido Sir Christopher Wren de que pudiese hacer Hooke tal cosa, le prometió éste mostrarles sus deducciones, pero no me parece que en tal particular los hechos de Mr Hooke valgan mucho más que sus promesas ». Halley, por último, fué con sus dudas y dificultades a Cambridge a visitar a Newton, y bien podemos imaginar su asombro al hallar que Newton, que había resuelto ya el problema, y además otros muchos en relación con las Mociones Celestiales, había extraviado sus papeles sin poder encontrarlos. ¿Es posible concebir hoy a un aspirante al grado de Doctor en Filosofía que realice sus investigaciones con tan desinteresado espíritu? El hecho es que Newton opinaba que la ciencia era una dama querellosa, y tenía una aversión a publicar sus obras sólo comparable a la de Cavendish. Fueron necesarios todo el tacto, entusiasmo y poder de persuasión de Halley para convencer a Newton de que organizase y presentase sus ideas. Halley triunfó al fin, y en Julio de 1686 el libro recibió el imprimatur de Samuel Pepys, Presidente de la Royal Society, bajo cuyos auspicios — y a expensas de Halley — se publicaba la obra. No cabe la menor duda de que si consideramos la enorme influencia que los *Principia* ejerció sobre el desarrollo de la Física, y procuramos imaginar el curso que hubiese seguido tal desarrollo si dicha obra no se hubiera escrito jamás, hemos de reconocer que el encuentro de Halley y Newton aquel día de agosto de hace 261 años debe ser considerado como el instante más dramático de la historia de la ciencia en la Gran Bretaña.

La ciencia aplicada posee también sus instantes dramáticos; y entre ellos, la historia del tendido del primer cable transatlántico descolla por la intensidad de su emoción. Emoción que, como en toda leyenda épica, se muestra en extensa escala de matices hasta la triunfante ejecución de la tarea, seguida del fracaso final del cable después de haber transmitido 732 mensajes durante un período de tres meses. Cuando se trata de evaluar los méritos y defectos de los primeros ensayos es necesario tener presente que fueron llevados a cabo sólo 20 años después (1857–58) del establecimiento de la primera línea submarina a través del Hooghly en Calcuta. Fué necesaria una gran labor preliminar para decidir y preparar el diseño y dimensiones del cable, inventar un nuevo aparato de devanado y establecer un método para almacenar a bordo el cable. Una vez vencidas tales dificultades partieron de Valentia, Irlanda, el 5 de agosto de 1857, el *Agamenón*, barco prestado por el Gobierno Británico, y el *Niágara*, de la escuadra norteamericana. Correspondía al *Niágara* tender la primera mitad del cable; realizado lo cual se haría un empalme en la mitad del océano, continuando el *Agamenón* la tarea. Mas la historia de este primer esfuerzo está llena de dificultades crecientes y de desastres que culminaron en la rotura del cable cuando ya iban tendidas satisfactoriamente 380 millas del mismo. Se renovó el intento al año siguiente, 1858, cuando los barcos se encontraron en mitad del mar y empalmaron el cable, habiéndose hecho a la vela en opuestas direcciones desde ambos lados del océano. Las peripecias de la aventura son casi increíbles: la tempestad durante la cual el *Agamenón* estuvo a punto de naufragar, las roturas del cable, las señales perdidas, el peligro de las colisiones con otros barcos o con monstruos submarinos (en cierta ocasión una ballena juguetona casi tropezó con el cable), y las citas desesperantes en medio del Atlántico y en Irlanda. Pero *finis coronat opus*, y tras una larga serie de viajes — todos ellos una contínua sucesión de momentos dramáticos — el cable comenzó a transmitir mensajes de un continente a otro. Y con todo, la

(*Continúa en la pág.* 34)

Los virus de las plantas

KENNETH M. SMITH

Los virus ocupan una posición intermedia entre el organismo vivo y el producto químico « no viviente ». Son extraordinariamente pequeños y algunos de ellos apenas exceden las dimensiones moleculares. Hasta el presente no se ha cultivado ningún virus en un medio libre de células. Son éstos algunos de los hechos extraordinarios puestos de manifiesto por el Dr Smith, quien describe los efectos de ciertos virus que causan enfermedades en tomates, tabaco y otras plantas.

INTRODUCCION

La significación económica de los virus es de gran importancia. Todo tiende a indicar que los organismos vivientes, cualquiera que sea su forma, no son inmunes contra sus ataques, y las enfermedades, pérdidas y sufrimientos atribuídos a sus actividades son, en suma, tan importantes como los causados por las bacterias patógenas. Además, los virus son de grandísimo interés científico, y los descubrimientos recientemente hechos respecto a su naturaleza han despertado la atención de personas de ciencia interesadas en actividades muy variadas. Los químicos, los químico-físicos, los bioquímicos y los suerólogos todos han contribuído a los progresos recientemente realizados en nuestros conocimientos de los virus, y muchos de estos conocimientos han resultado de los estudios de los virus que afectan a las plantas. Desde el punto de vista filosófico los virus ofrecen también gran interés, debido a que ocupan un lugar intermedio entre el organismo « vivo » y el producto químico « no viviente ». Por una parte, el poder de multiplicarse y el de mutación, son características de los seres vivientes, mientras que, por otra parte, el poder de cristalización parece más adecuado en una substancia química [7].

ALGUNOS SINTOMAS DE ENFERMEDADES DE PLANTAS ORIGINADAS POR VIRUS

Hasta el momento en que los conocimientos más recientes establecieron nuevos métodos para el estudio de este problema, casi la única base sobre la cual podía establecerse la existencia de un virus era el efecto sobre el organismo infectado. Las reacciones experimentadas en las plantas son extraordinariamente variadas y algunos de los síntomas más sorprendentes van descritos e ilustrados en este artículo. Es posible clasificar de manera general los efectos evidenciados en las plantas infectadas por virus; si bien es necesario hacer resaltar que una tal clasificación está poco relacionada con los virus propiamente dichos, debido a que un virus determinado puede causar enfermedades de tipos muy distintos, de acuerdo con la familia a que pertenezca la planta afectada.

Una de las enfermedades más comunes de las plantas causadas por virus es conocida bajo la denominación de « mosaico », existiendo un grupo muy grande de virus formadores de mosaicos. El nombre fué dado originalmente en 1885 por Mayer a una enfermedad causada en las plantas de tabaco por el primer virus que logró descubrirse, a causa de la semejanza de los síntomas con un dibujo de mosaico. Esta enfermedad de mosaico del tabaco está ilustrada en la figura 1, y consiste de un moteado de la hoja con manchas de color verde claro u oscuro y de color amarillo. Algunas enfermedades de mosaico son de apariencia poco vulgar y pueden simular una coloración natural, con brillantes matices verdes y amarillos. Algunos de estos moteados de dibujo de mosaico de color amarillo brillante son de efectos fatales para las plantas, debido a la falta de clorofila.

Un síntoma de otra naturaleza lo constituye la formación sobre las hojas de cierto número de círculos o anillos, los cuales pueden ser concéntricos o sencillos. Estos anillos generalmente presentan un punto central, y los virus causantes de estos síntomas son conocidos bajo la denominación de virus « ringspot » o de mancha anillada (*véanse* las figuras 10 y 11). En casos extremos puede que haya siete o aún ocho anillos concéntricos.

Como regla general, las enfermedades de las plantas causadas por los virus no son de consecuencias fatales; sin embargo, existen algunos virus que acaban por matar ciertas plantas atacadas. Muy frecuentemente en estos casos se desarrollan lesiones en las hojas y los vástagos, interrumpiéndose la nutrición y el suministro de agua, con el resultado de que la planta se marchita y muere. Otro grupo de virus causa formaciones

FIGURA 1 – *Planta de tabaco infectada por el virus tipo, o « padre », de una variedad del mosaico del tabaco. Obsérvese el moteado verde algo débil.*

FIGURA 2 – *Variedad del virus de mosaico del tabaco causando un moteado brillante amarillo y verde. Compárese con la figura* 1.

defectuosas y distorsiones, y a veces forma excrecencias o carnosidades en la superficie bajo de las hojas. Estas excrecencias o carnosidades en realidad están constituídas por hojuelas anormales que crecen debajo de la hoja normal (*véase* la figura 5).

Algunos virus estimulan o retrasan el crecimiento de las plantas. Hay un virus que detiene el crecimiento longitudinal y estimula el crecimiento transversal, mientras que otra variedad del mismo virus actúa en una forma exactamente opuesta. Durante el desarrollo de estas enfermedades causadas por los virus se dan casos en que se forman flores gigantes, en las cuales los pétalos son de color verde y sostenidos al final de un tallo grueso de una longitud de 25 milímetros aproximadamente [3]. De vez en cuando se hallan algunos virus que al atacar plantas ornamentales fomentan síntomas que contribuyen a un mejoramiento de su apariencia. La atractiva diversidad de colores de la planta Abutilón, la cual hubo un tiempo en que era cultivada en gran escala, es debida a un virus transmisible por injerto. El cambio de color de las flores de tulipán es causado por un virus transmitido por el pulgón. Estos tulipanes infectados, los cuales bajo condiciones normales producen flores de un color uniforme, bajo los efectos de los virus producen flores con delicadas rayas o pintas de color blanco o amarillo.

INMUNIDAD Y VARIEDADES DE LOS VIRUS

Puesto que parece evidente que no existe formación de antitoxinas en las plantas, no existe inmunidad inherente contra los virus, como en el reino animal. Sin embargo, en las plantas existe una inmunidad inherente de un tipo muy limitado. Esta inmunidad depende de la presencia en la planta de un virus relacionado en una forma u otra con el virus que causa la infección. En otras palabras, las células de las plantas tienen que estar ocupadas por un virus que, por decirlo así, « ya domina la situación », impidiendo la entrada de un segundo virus; pero para que pueda ser excluído, tiene que ser de una naturaleza parecida al primer virus. La presencia de un virus en una planta no ofrece protección alguna contra la entrada de otros virus no relacionados con él en los casos en que las plantas sean susceptibles de ser atacadas por los virus últimamente aludidos.

En este punto será necesario explicar lo que

FIGURA 3 – *Otra variedad que causa un moteado amarillo y verde de tipo distinto.*

FIGURA 4 – *Esta variedad no produce moteado alguno, pero causa una amarillez intensa, de consecuencias fatales para la planta. El grabado ilustra el comienzo del amarilleado.*

FIGURA 5 – *Una variedad que produce crecimientos o carnosidades peculiares sobre las hojas. Este virus fué aislado*

FIGURA 6 – *El mismo virus que el ilustrado en la figura 2, mostrando el efecto sobre una planta de tomate*

FIGURA 7 – *Una variedad que causa la formación de anillos amarillos y verdes.*

FIGURA 8 – *Un virus semejante al ilustrado en la figura 7.*

FIGURA 9 – *Un virus de mosaico de color amarillo brillante semejante al ilustrado en la figura 2, pero causado*

FIGURA 10 – *Uno de los virus de tipo de mancha anillada, pero no relacionado con ninguno de los otros virus ilustrados.*

FIGURA 11 – *Resultado de una prueba de inmunidad por cruce entre dos virus de mancha anillada: obsérvense los anillos más pequeños, causados por el segundo virus, desarrollándose entre los anillos mayores causados por el primer virus. Esto indica que los dos virus no están relacionados entre sí.*

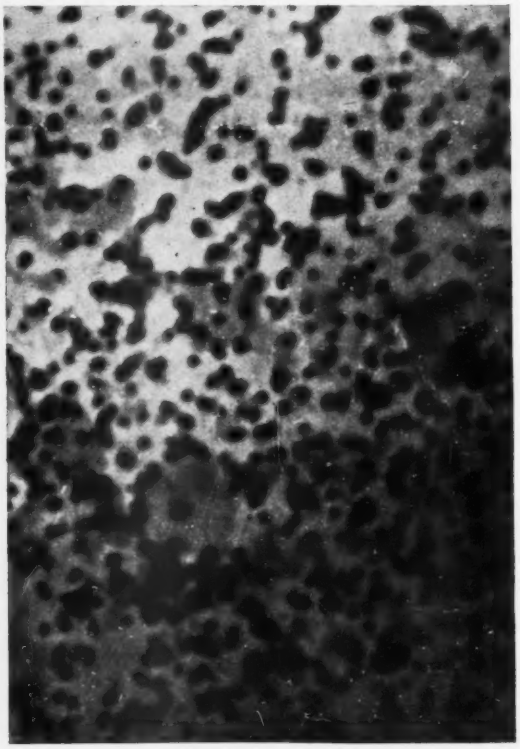


FIGURA 12 – *Micrografía electronica del virus de la necrosis del tabaco ampliada* 38.000 *veces.*

quiere indicarse al hablar de « virus relacionados ». Algunos virus existen en cierto número de variedades muy semejantes entre sí, siendo esto un fenómeno que no está limitado exclusivamente a los virus de las plantas. Esto por ejemplo, ocurre tratándose de los virus de la glosopeda y de la gripe. De manera muy especial es aplicable al virus de mosaico del tabaco (figura 1), el cual muy frecuentemente sufre una mutación y da lugar a variedades que ofrecen síntomas de un delineado enteramente distinto, al mismo tiempo que conserva cualidades físicas semejantes a las del virus tipo. La figura 1 muestra el virus tipo o « padre » que produce un moteado de mosaico verde sobre las hojas de la planta afectada. De éste pueden derivarse variedades que, tal como las ilustraciones ponen de manifiesto, causan síntomas de enfermedades muy distintas. Algunos de estos síntomas toman la forma de moteados de colores verde y amarillo muy vivos (figura 2), mientras que otros son de color enteramente amarillo, y esta enfermedad es de consecuencias fatales muy rápidas para la planta, la cual muere a causa de una deficiencia de clorofila (figura 4). Una tercera variedad causa crecimientos o carnosidades en las hojas (figura 5). Sin embargo, existe otra variedad que produce un moteado muy reducido o nulo sobre la planta, pero es de resultados fatales y rápidos debido a la destrucción causada en las células.

Entre todos los virus que causan estos síntomas existe la inmunidad inherente. Cada una de estas plantas infectados por un virus está protegida contra infección por cualquiera de los otros virus, debido a que todos están relacionados entre sí, habiéndose derivado del virus padre ilustrado en la figura 1. Sin embargo, debe tenerse presente que si una planta sana es inoculada con dos o más de estos virus *a un mismo tiempo*, entonces todos penetrarán en la planta y la expresión de síntomas reflejará una combinación de las características de cada virus determinado.

La figura 9 ilustra un mosaico amarillo de apariencia muy semejante a las demás enfermedades de mosaico amarillo ilustradas, pero de hecho está causado por un virus que difiere profundamente del virus del mosaico del tabaco. Esta enfermedad es causada por una mutación amarilla o una variedad del virus de mosaico del cohombro; pone de manifiesto, desde el punto de vista diagnóstico, lo mucho que puede engañar la combinación de los síntomas. Una tal planta es susceptible de ser infectada por todas las variedades del virus del mosaico del tabaco que van ilustradas, y todas las plantas infectadas por estas variedades son a su vez susceptibles de ser infectadas por este virus. Sin embargo, el virus del mosaico amarillo del cohombro protege la planta contra infecciones causadas por un virus del mosaico de cohombro de una variedad de color verde, y viceversa. Esta especie de inmunidad adquirida puede utilizarse hasta cierto punto con gran provecho para investigar la posible relación sospechosa entre dos tipos de virus que producen síntomas semejantes, pero no idénticos.

En una parte anterior de este artículo se lleva indicado que uno de los síntomas causados por los virus de las plantas consiste en la formación de manchas anilladas sobre las hojas. En total se han descrito siete u ocho tipos de virus formadores de manchas anilladas, y si bien algunos de ellos están relacionados entre sí, otros no tienen parentesco alguno, a pesar de la semejanza de sus síntomas.

En la figura 11 se ilustra una prueba de la inmunidad por cruzamiento.

TRANSMISION DE LOS VIRUS

Los virus difieren de la mayor parte de los agentes de enfermedades por la forma en que, en cierto número de casos, dependen de insectos para transportarlos a nuevos organismos receptores. Esto no es peculiar de los virus de las plantas exclusivamente, y es de todos conocido el papel desempeñado por los mosquitos en la propagación de la fiebre amarilla.

La relación que existe entre los virus y los insectos es muy frecuentemente de una naturaleza muy específica y solamente los insectos de ciertos tipos — a veces de una especie determinada exclusivamente — pueden ser portadores de un virus específico. Los insectos portadores o « vectores » están casi exclusivamente limitados al orden de los Hemípteros, y son insectos parecidos a los pulgones o saltadores de hojas que absorben la savia de las plantas por medio de las partes chupadoras de la boca. Esta relación que existe entre los virus de las plantas y los vectores no es de averiguación fácil y pocos son los conocimientos adquiridos sobre este punto particular. Por ejemplo, abundan opiniones distintas respecto a si los virus de las plantas se multiplican en realidad dentro de los insectos portadores, si bien existen datos bien fundamentados de que ciertos virus animales, tales como el virus de la fiebre amarilla y un virus que afecta a los caballos, aumentan mientras están dentro de los mosquitos portadores. Se ha podido probar [8] que de manera general los virus de las plantas que son transportados por los insectos pertenecen a dos grupos distintos: hay el tipo « no persistente », que se distingue por el hecho de que el virus es perdido rápidamente por el insecto, y el tipo « persistente », caracterizado por el hecho de que el insecto conserva sus propiedades infecciosas por largo tiempo, sin tener acceso a una nueva fuente de virus.

ALGUNOS VIRUS DE PLANTAS POCO VULGARES

Entre los 150 virus de plantas, más o menos, que se llevan descritos hasta el presente, algunos pueden considerarse de naturaleza poco vulgar mostrando alguna característica interesante. Uno de éstos, conocido con el nombre de virus de la necrosis del tabaco, ocurre muy frecuentemente en las raíces de plantas aparentemente sanas, especialmente plantas de tabaco. Excepto por la formación de vez en cuando de algunas lesiones en las primeras hojas de plantas de tabaco muy jóvenes, especialmente si las hojas están en contacto con la tierra, este virus no causa enfermedad alguna y se mantiene aislado en las raíces. Sin embargo, si se pican algunas de las hojas en un mortero y el flúido resultante es frotado suavemente sobre las hojas de tabaco o de cualquier otra de las muchas plantas susceptibles, entonces se desarrolla un gran número de lesiones. Por lo tanto, es posible causar una severa enfermedad en una planta, inoculándola con sus propias raíces. Este virus no es transmitido por insectos, pero puede ser transportado en el agua o en el aire, por partículas de tejidos de una planta infectada muerta. Valiéndose de estos medios logra penetrar en el suelo, y desde allí parece que puede penetrar en las raíces a través de alguna herida muy diminuta. Para que pueda penetrar en las raíces es necesario que exista una herida, por pequeña o ligera que sea.

En el año 1935 apareció repentinamente un

nuevo virus en algunas plantas de tomate en la región de Bristol y en una o dos más partes de Inglaterra, y luego desapareció por completo. Sin embargo, este virus fué conservado en diversos centros horticulturales de investigación científica y durante los últimos nueve años ha sido sometido a un estudio muy cuidadoso y detallado. Probablemente se cuenta con mayores conocimientos relativos al virus del achaparramiento del tomate que de cualquier otro virus. Sin embargo, a pesar de los muchos conocimientos acumulados respecto a la naturaleza del virus del achaparramiento de las plantas de tomate, jamás se ha logrado descubrir su método de dispersión, así como tampoco ha podido identificarse ningún insecto vector. Por lo tanto, es interesante indicar que después del transcurso de nueve años el virus apareció repentinamente de nuevo, habiendo sido hallado durante el verano de 1944 en plantas de tomate en la región de Worcester, en Inglaterra. Desgraciadamente, no ha sido posible obtener detalles adicionales relacionados con esta reciente irrupción, así como tampoco ha podido averiguarse el orígen de la infección.

Con referencia al tercer virus de plantas, de naturaleza poco vulgar, diferente del virus del achaparramiento de las plantas de tomate, puede indicarse que se sabe menos de esta variedad que de cualquier otro virus. De hecho, si no fuera por la circunstancia de que bajo ciertas condiciones artificiales logra crear síntomas, nadie se hubiese dado cuenta de su existencia. Este virus, al cual se le dió la denominación inglesa de « paracrinkle », y que quizás podría ser descrito como « parasinuoso », fué descubierto por casualidad cuando verduguillos de plantas de patatas aparentemente sanas, de la variedad King Edward, fueron injertados a plantas de otras varidades [5].

Los hechos más salientes de este virus pueden ser referidos brevemente tal como se indica a continuación. Está presente, sin síntomas, en todas las patatas de la variedad King Edward, incluso la variedad Red King dotada de mutabilidad; en cultivo no se extiende a ninguna otra variedad ni planta; y no se conoce ningún método natural de transmisión. En el laboratorio tan sólo puede ser transmitido valiéndose de injertos, y en los casos en que se transmite valiéndose de este método a ciertas variedades de plantas de patatas, tales como las conocidas bajo la denominación de Arran Victory, entonces se causa una grave enfermedad de virus. Esta enfermedad puede ser transmitida indefinidamente en series; en algunas variedades de patatas, tales como las patatas President, el virus es llevado sin síntoma alguno, tal como ocurre tratándose de las patatas King Edward propiamente dichas.

La existencia de un tal virus da lugar a una pregunta que resulta difícil contestar de manera adecuada: ¿En qué forma infectó el virus la planta original de la variedad King Edward? Por lo visto no existe ningún medio natural que permita la propagación del virus y jamás se ha comprobado que aparezca de manera natural en cualquiera otra variedad de plantas de patata, o cualquiera otra planta receptora. Si el injerto original de la variedad King Edward hubiera procedido del extranjero, quizás pueda sugerirse que el virus tenía algún insecto vector bien definido cuya especie no existe en las Islas Británicas, pero no existe evidencia alguna que pueda justificar tal suposición. Aparentemente, fué originalmente cultivada por un jardinero de Northumberland, quien bautizó el vástago con el nombre de « Fellside Hero »; este nombre fué subsiguientemente cambiado a « King Edward ». El parentesco de dicho vástago es desconocido [6].

Muy frecuentemente se ha sugerido que el virus « parasinuoso » forma parte de las proteínas normales de las patatas King Edward y que actúa como un virus al ser introducido en otras variedades de patatas [2]. Si bien todo esto son conjeturas que parecen tentar nuestra imaginación, la evidencia disponible no confirma los hechos, puesto que, si el virus es una proteína normal, debería ser transmitido a través de la semilla legítima de las plantas, y esto no courre [1].

REFERENCIAS

[1] Carson, G. P.; Howard, H. W.; Markham, R.; y Smith, Kenneth M. « Paracrinkle Virus and Inheritance ». *Nature*, 1944, **154**, 334.

[2] Darlington, C. D. « Heredity, Development and Infection », *Nature*, 1944, **154**, 164.

[3] Kunkel, L. O. «Viruses in relation to the growth of plants », *Torreya*, 1943, **43**, 87–95.

[4] Markham, R.; Smith, Kenneth M.; y Lea, D. « The Sizes of Viruses and the Methods employed in their Estimation », *Parasitology*, 1942, **34**, 315–352.

[5] Salaman, R. N., y Le Pelley, R. N. « Paracrinkle: a potato disease of the virus group », *Proc. roy. Soc.* [B], 1929, **106**, 140, 75.

[6] Salaman, R. N. *Potato Varieties*, 1926, 275, Cambridge University Press.

[7] Smith, Kenneth, M. *Beyond the Microscope*, 1943, (Penguin Books Limited).

[8] Watson, M. A., y Roberts, F. M. *Proc. roy. Soc.* [B], 1939, **127**, 544.

Recientes trabajos sobre iones gaseosos

A. M. TYNDALL

Las condiciones que determinan la unión de los iones a las moléculas circundantes han sido objeto de extensas investigaciones, aunque se han caracterizado siempre los resultados publicados por la existencia de ciertas discrepancias. El Profesor Tyndall, que con la ayuda de sus colaboradores de la Universidad de Bristol ha llevado a cabo estudios fundamentales acerca de la naturaleza de los iones gaseosos, describe en el presente artículo los avances más recientes, poniendo de relieve que gran parte de la incertidumbre que antes existía ha quedado ya resuelta.

Es de todos conocido el hecho de que la electricidad es transportada a través de los electrolitos y de los gases por medio de los iones que se mueven por el medio con una velocidad generalmente proporcional al campo eléctrico aplicado. La velocidad que adquieren en el campo unidad se denomina movilidad del ión. Debido a los frecuentes choques del ión con las moléculas del medio, no puede determinarse su naturaleza, p.e. su masa, por métodos directos, tal como el del espectrógrafo de masas, que son en cambio aplicables a gases a baja presión. Pero cabe hacer indirectamente algunas deducciones de los valores medidos de la movilidad y de sus variaciones con las condiciones físicas.

Es hoy conocido el hecho de que todos los trabajos anteriores sobre esta materia padecen de errores procedentes de superficies sucias y trazas de vapores, tales como el vapor de agua y compuestos orgánicos de la grasa de los grifos. Debido a su naturaleza polar estas moléculas resultan fuertemente atraídas por los iones y forman un racimo de moléculas alrededor de los mismos. Resulta disminuída notablemente la movilidad de un ión así arracimado; se convierte tan insensible a los efectos de masa que la naturaleza original del ión puede quedar notablemente desvirtuada.

GASES PUROS

Las mediciones modernas[1], en el Wills Physical Laboratory de Bristol, usando un aparato de cristal y metal al cual se pueden aplicar las técnicas modernas de gas y vacío, han demostrado que con tal que se eliminen todas las causas de contaminación, los iones permanecen en la misma forma que tenían al originarse, o sea un electrón negativo y un átomo o molécula positiva.

Bajo estas condiciones ideales no sólo puede investigarse la movilidad de los iones dentro del gas en que fueron originados, sino que aún pueden ser estudiados iones extraños. Para este objeto iones de los elementos alcalinos son muy apropiados; pueden ser producidos por medio de una fusión cristalina de Al_2O_3, SiO_2, y el óxido del álcali correspondiente. Esta mezcla en la cual hay presentes átomos alcalinos es de alta función de trabajo. Calentando una perla de esta mezcla y cargándola con un potencial positivo, los átomos alcalinos se evaporan en forma de iones positivos, puesto que la eliminación de un electrón del átomo alcalino requiere menos energía que la de la superficie del medio en que se halla.

Prescindiendo de todos los detalles del circuíto, el método de medida puede resumirse así: En la figura 1, A y B son electrodos perforados entre los cuales se mantiene un campo eléctrico fijo. Cualquier ión positivo suministrado por la fuente S y que pase a través de A será arrastrado por el campo hacia B. Si aplicamos una serie de pulsaciones

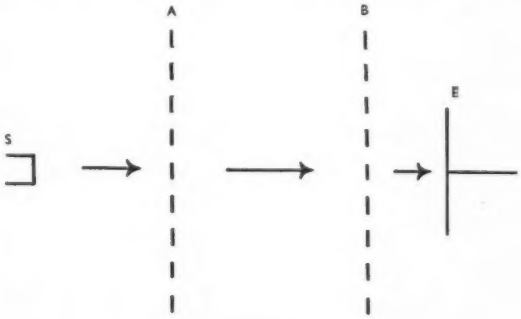


FIGURA I

de voltage a A, delgadas capas de iones serán admitidas en A con una sucesión regular, las cuales más tarde llegarán a B. Si aplicamos tales pulsaciones con una frecuencia n y es T el tiempo necesario para que los iones viajen desde A hasta B, podemos hacer que la salida de los iones desde

[1] TYNDALL. *The Mobility of Positive ions in Gases.* (Cambridge University Press.)

B esté regulada por una serie de pulsaciones en fase con las aplicadas a A. Entonces, si $n = 1/T$, cada capa de iones llegará a B en el momento en que actúa como un obturador. Los iones van entonces a través del mismo hasta el electrómetro E. Un resultado parecido se obtiene cuando $n = 2/T$, $3/T$, $4/T$, etc. Excepto en la vecindad de estas frecuencias, no se produce ninguna transmisión de iones y por ende tampoco aparece ninguna corriente en el electrómetro, y en la práctica la magnitud del efecto decrece cuando aumenta el valor crítico de n. El efecto en conjunto es algo parecido a los distintos órdenes en una red de difracción, y si los iones suministrados no son homogéneos, tenemos la posibilidad de hacer el análisis por medio de la formación de un espectro de movilidad. La figura 2 muestra un ejemplo de una fuente homogénea de iones de sodio dentro de argón[1]. El primer 'orden' del espectro ha sido omitido, y el cuarto y quinto se muestran separadamente con ampliación de la sensibilidad del electrómetro.

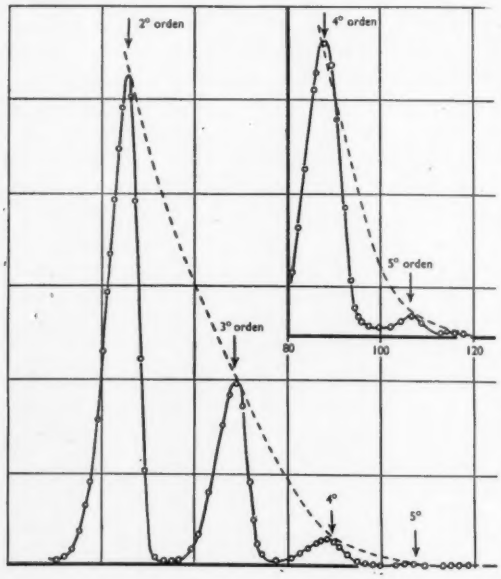


FIGURA 2

Las movilidades de todos los iones positivos alcalinos dentro de los cinco gases inertes He, Ne, A, Kr y Xe han sido pues determinadas en su estado puro. Cada tipo de ión positivo posee su movilidad característica dentro de un determinado gas, y la relación entre la movilidad k y la masa M del ión puede verse en la figura 3, en la cual el valor de k^2 está referido a $1/M$.

Langevin obtuvo una expresión para la movilidad de un ión bajo la suposición de que tanto los iones como las moléculas del gas neutro eran esferas elásticas de radio finito que se atraían las unas a las otras con fuerzas polarizantes inversamente proporcionales a la quinta potencia de sus distancias mútuas. Si aceptamos este punto de vista encontraremos que la relación lineal entre k^2 y $1/M$ dada para gases más pesados indica que el tamaño del ión dentro de límites determinados no tiene influencia alguna sobre la movilidad. El hecho de que para el néon y el helio la relación entre k^2 y $1/M$ se aparte de una forma lineal indica que en estos casos no puede ser ignorado el efecto del tamaño.

EFECTO DE LAS IMPUREZAS

En ciertos casos estos gráficos pueden usarse, como el espectrógrafo de masas, para determinar la masa de otros iones que puedan presentarse. Así Powell y Brata, usando iones de sodio dentro de nitrógeno con trazas de hidrógeno, hallaron un ión de masa 40. Probablemente en la superficie caliente de orígen había una ligera traza de amonio, lo que pudo dar lugar a la formación de un ión $NaNH_3$.

Algunos años más tarde, Munson y el autor[2] siguieron el mismo camino con un detallado estudio del efecto del vapor de agua añadido al gas en pequeñas concentraciones. Las moléculas de agua son de gran tendencia polarizante, y si una de ellas se junta a un ión se necesita una gran cantidad de energía para desplazarla. Si se produce la reunión de más de una molécula, entonces cabe esperar que la energía de ligazón de cada una será más reducida. El número final de moléculas en cada racimo oscilará alrededor de un valor medio determinado por la energía media de las partículas en colisión, esto es, por la temperatura.

El método experimental para el estudio de este hecho consistió en « envejecer » los iones en presencia de vapor de agua durante un tiempo suficientemente largo para asegurar un equilibrio antes de medir su movilidad. Si así se logra un estado de equilibrio, entonces el valor de la movilidad obtenido es independiente de la concentración del vapor de agua, con tal que sea pequeña en comparación con la presión del gas. Por este camino se halló que había una independencia de la concentración para valores entre 0,1

[1] POWELL y BRATA. *Proc. roy. Soc.*, 1932, **138**, 118.

[2] MUNSON y TYNDALL. *Proc. roy. Soc.*, 1939, **172**, 28.

TABLA I

VALORES PARA LA MOVILIDAD DE LOS IONES ALACALINOS

En cm/seg/voltios/cm

a) Iones no arracimados; b) iones arracimados.

	He		Ne		A		Kr		Xe	
Ión ..	*a)*	*b)*	*a)*	*b)*	*a)*	*b)*	*a)*	*b)*	*a)*	*b)*
Li ..	25,6	11,70	11,8	5,28	4,99	2,26	3,97	1,46	3,04	0,98
Na ..	24,2	11,15	8,70	5,25	3,23	2,25	2,34	1,43	1,80	0,94
K ..	22,9	11,85	8,0	5,26	2,81	2,19	1,98	—	1,44	0,92
Rb ..	21,4	12,8	7,18	5,38	2,40	2,10	1,57	1,37	1,10	0,87
Cs ..	19,6	13,4	6,50	5,48	2,23	2,18	1,42	—	0,97	0,83

y 2 por ciento de concentración acuosa. La Tabla I da las movilidades así obtenidas: (*a*) referida a gas puro y iones sin arracimar, (*b*) a iones arracimados con vapor de agua.

La aplicación de los gráficos de la figura 3 a estos resultados nos dará una apreciación del número de moléculas de agua en el racimo; los valores así deducidos para el argón, criptón y xenón varían entre 5,7 y 6,4. Pero este valor de unas seis moléculas, es un valor límite superior, puesto que no podemos estar seguros de que el efecto del tamaño pueda ser ignorado en el caso de un racimo de tamaño mayor que un átomo de igual masa. Ciertamente que un ensayo más sensitivo puede ser que pruebe que el verdadero valor es menor que seis y que varía con la naturaleza del ión.

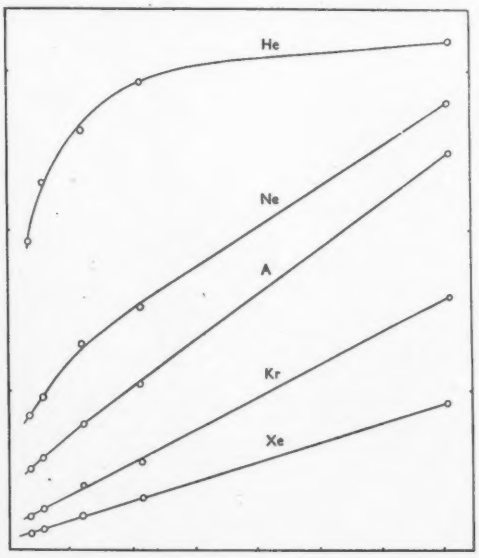


FIGURA 3

Respecto a este último punto existe alguna prueba independiente a tal efecto. Así en los electrolitos es bien conocido que el litio-ión es el más lento, en lugar de ser el más rápido del grupo alcalino. Se ha insinuado que esto es debido a una mayor hidratación como resultado de un campo iónico más poderoso en la superficie de un ión de pequeño diámetro. Debemos hacer notar que en la Tabla I hay cierta evidencia de un efecto parecido con el He y el Ne, en los cuales la movilidad de los iones arracimados con agua pasa a través de un mínimo, y en los cuales el ión litio viaja de manera apreciablemente más lenta que el cesio-ión. Es interesante hacer notar que en 1933 Bernal y Fowler dedujeron que en los electrolitos el litio-ión recogía en promedio cuatro moléculas de agua y el cesio-ión ninguna. Nuestra opinión es que en los gases el número no es mayor que seis para el litio, y probablemente menor; y aún menor para el cesio, aunque es, a lo menos, uno.

Resulta también interesante el estudio de las fases iniciales de la formación de racimos por medio de la medida de la movilidad en fases anteriores al equilibrio. Los resultados son significativos. Dos ilustraciones típicas pueden verse en las figuras 4 (*a*) y 5 (*a*), en las cuales, tal como en la figura 1, la corriente del electrómetro ha sido trazada referida a la frecuencia pulsatoria. Aunque la gráfica resultante tenga a primera vista poco parecido con la figura 2, puede ser analizada según dos grupos componentes (*b*) y (*c*) de movilidades distintas y que muestran diferentes órdenes,

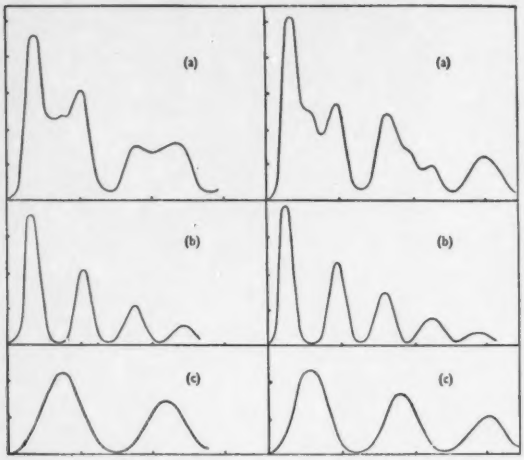


FIGURA 4 FIGURA 5

como en la figura 2. Por medio de la repetición de estos experimentos, pero sin la presencia del vapor de agua, resultó posible la identificación del intervalo en (*c*) con iones alcalinos no arracimados. El ión de movimiento lento (*b*) está arracimado con varias moléculas. Aunque se ensayaron docenas de casos, el número de grupos de iones en cantidades detectables no fué nunca superior a dos.

La abundancia relativa de estos dos grupos varía entre los estados (1), en que todos los iones son libres, con corto « envejecimiento », y (2), en que todos son arracimados, con largo « envejecimiento » del ión. En otras palabras, un ión al pasar a través de un gas, o bien adquiere un racimo completo, o bien ninguno, y cuanto más larga su vida mayor es la probabilidad de que adquiera uno.

MECANISMO DE LA LIGAZON

Podemos hallar una explicación de este fenómeno por medio de la gráfica de energía potencial (V) de un sistema de dos átomos para diferentes distancias de sus centros (*r*). Si se quiere lograr una configuración estable, entonces es preciso que la energía potencial tenga un valor mínimo en un cierto punto, tal como en la figura 6 (*a*) y (*b*).

La profundidad D es la medida de la energía de disociación, esto es: la energía necesaria para lograr la separación hasta el infinito de sus partes. Así, (*a*) representa un sistema más estable que el sistema (*b*). Por ejemplo, si (*a*) refiere a la unión de un álcali-ión con una molécula de agua, entonces (*b*) podría representar el gráfico de la energía potencial para un ión arracimado y cercano a otra molécula de agua.

La existencia de este pozo de potencial no indica precisamente que se haya de producir la combinación inmediatamente a la aproximación de los dos cuerpos. Bajo la acción de la fuerza de atracción ambos cuerpos adquirirán energía cinética, la cual puede que los haga viajar a través del mínimo hasta una región de intensa repulsión, desde la cual volverán a repelerse de nuevo. Para que se produzca la combinación es preciso que exista algún mecanismo de absorción de esta energía cinética, de manera que ambos cuerpos permanezcan cerca del punto inferior del pozo de potencial. Este mecanismo puede materializarse por la presencia de un tercer cuerpo, o bien por grados de libertad vibracional que aparecen seguenida que el racimo comienza a formarse. Así la probabilidad de unión de la primera molécula de agua con el ión es mucho menor que para moléculas subsiguientes. Esta concepción proporciona una explicación cualitativa del hecho de que iones no arracimados puedan ser hallados frecuentemente en presencia de vapor de agua, pero después que se ha adicionado una molécula de agua entonces el racimo se produce con gran rapidez hasta un tamaño determinado y con los estados intermedios tan fugaces que no pueden ser separados.

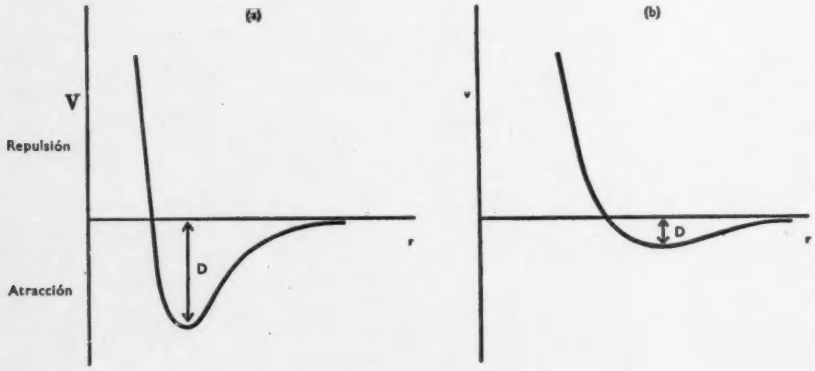


FIGURA 6

LIGAZON DE MOLECULAS NO POLARES

Puesto que existen pruebas tan directas

TABLA II

Ión	Gas	Temp. °K	ión / racimo	C / (1 — C)	n	Electrón voltios
Li^+	He	20	1,10	> 3	1	> 0,016
		77		⇌ 1	1	⇌ 0,07
		90		< 1	3	< 0,08
	Ne	90	1,98	> 10	3	> 0,13
		195		< 1/10	1	< 0,16
	A	195	2,38	> 10	2	> 0,25
		290		< 1/3	1	< 0,29
	Kr	290	3,09	> 10	2	> 0,31
		360		< 2	1	< 0,35
	Xe	290	3,84	> 20	2	> 0,42
K^+	A	77		< 1/10	1	< 0,06

sobre la unión de moléculas polares a un ión, debemos también considerar la posibilidad de la unión de moléculas no polares. En este caso la energía de unión habrá de ser mucho menor; pero no estará del todo ausente ya que el campo eléctrico debido a la carga iónica polariza a una molécula en la vecindad del ión, dándole un dipolo de inducción cuya fuerza varía inversamente con la quinta potencia de su distancia al ión.

Las condiciones más favorables para la observación de tal efecto son: (*a*) un ión de reducido diámetro que permita un campo polarizante considerable, (*b*) un átomo de gas de elevado número atómico, esto es: de alto poder de polarización, (*c*) una baja temperatura, la cual reduzca las probabilidades de que una molécula fuertemente fijada pueda ser desplazada durante la agitación térmica. Algunas tentativas satisfactorias[3] están detalladas en la Tabla II. En la columna 5, el numerador C de la fracción es la concentración de iones sin arracimar. Si la corriente transmitida por un ión dado es menor que el 10 por ciento del conjunto de estos experimentos, este ión puede escapar facilmente la detección. De ahí los valores $C/(1 - C) > 10$ y $< 1/10$ que indican que ningún ión no arracimado y ningún ión arracimado, respectivamente, fueron detectados.

Tomemos en primer lugar el caso más favorable para la detección de la ligazón; esto es, el ión más pequeño Li^+ en el gas más polarizable, el xenón. Aquí no es necessario llegar a bajas temperaturas para poder observar un arracimamiento completo. Por cierto que no es posible determinar la movilidad del ión libre Li^+ en el xenón en campos débiles. Una primera aproximación del número de átomas (n) unidos al ión puede verse en la columna 6. En el caso del Li^+ en xenón este número es dos.

Para el Li^+ en criptón a la temperatura ambiente, se pueden observar resultados parecidos; por más que este es casi un caso límite, ya que a 100° C los iones no arracimados aparecen en grandes cantidades y el ión arracimado se estima que contiene un solo átomo de gas en lugar de dos.

Si pasamos a los átomos más pequeños y progresivamente menos polarizables del A, Ne y He, los iones arracimados se observan en grandes cantidades sólo a temperaturas progresivamente más bajas. Así en el neón no se produce ninguna reunión a la temperatura ambiente o a 195° K, pero es apreciable en el punto de ebullición del oxígeno. En el helio existe alguna evidencia de mezcla de iones libres y arracimados a la temperatura de ebullición del oxígeno y del nitrógeno, pero es marcada la predominancia de iones arracimados a los 20° K (punto de ebullición del hidrógeno). El efecto producido por la reducción del campo polarizante por medio del empleo de un ión de mayor tamaño puede apreciarse empleando el potasio en lugar del litio. En el argón no se pueden encontrar iones arracimados incluso a la temperatura del nitrógeno.

[3] MUNSON and HOSELITZ, *Proc. roy. Soc.*, 1939, **172**, 43.

El Islam y la ciencia: memoria y perspectiva

(*Continuación de la pág.* 2)

numerosos, ya que los datos acumulados forman una masa considerable. Parece probable que los ácidos nítrico y sulfúrico fueran preparados por primera vez por químicos musulmanes, y que hacia el siglo XIII la copelación, o separación de la plata y el oro de otros metales, la extracción de la plata amalgamándola con el mercurio, y el análisis cuantitativo de las aleaciones de oro y plata, eran procesos realizados ordinariamente en la casa de la moneda de El Cairo.

La Geografía, la Botánica, la Zoología, la Mineralogía, y la Meteorología tuvieron también discípulos y servidores de talento. Ibn al-Baytar, el botanista más ilustre del Islam (m. 1248), floreció demasiado tarde para que sus trabajos pudieran ejercer marcada influencia en la ciencia europea; sin embargo, sus tratados de Botánica, aunque basados en escritos anteriores, representan en conjunto un avance notabilísimo.

Y así podríamos continuar la historia. Los musulmanes de aquellos siglos estimaron que el conocimiento científico tenía grandísima importancia, y « del interés nació el método: un hábito mental racional y un temperamento experimental ». El crecimiento y la decadencia de la actividad intelectual permanece siendo un fenómeno inexplicable; pero quizás nos sea permitido esperar que lo que el hombre hizo, puede el hombre hacer. Una gran parte del Islam carece todavía de posibilidades educativas comparables a las de Europa y América, y es inútil pensar que pueda recobrar su antigua gloria hasta que sea remediada tal falta. No obstante, no nos cabe duda de que el Islam representa una reserva vastísima y sin explotar de facultades científicas — con una incalculable proporción de talento — que mal puede el mundo descuidar. De nuevo puede el Islam ocupar un lugar en la vanguardia del progreso científico, si se le ofrece una oportunidad; y como unos 100.000.000 de súbditos de S.M. el Rey son musulmanes, sería justo que la Nación y el Imperio británicos ofreciesen dicha oportunidad a la parte del mundo islámico que reconoce la soberanía de la Corona británica.

Algunos momentos dramáticos en la historia de la ciencia en la Gran Bretaña

(*Continuación de la pág.* 21)

catástrofe aún estaba por suceder. La ciencia eléctrica era todavía jóven, y sus conocimientos más o menos empíricos. El ingeniero electricista que sin duda pensaba que « de lo bueno, mucho », quizo hacer trabajar la línea con una bobina de inducción de 1,52 metros que produjo un efecto desastroso en el sistema de aisladores, y el cable cesó de funcionar por completo en octubre de 1858. Manteniendo su dramatismo hasta el fin la última palabra coherente del cable fué « adelante ».

La vida de Joseph Priestley (1733–1804), teólogo, historiador y químico, autor de 108 libros publicados, está llena de interés. Experimentador incansable, descubrió gran número de gases comunes, incluso el óxido de nitrógeno (o gas de la risa) el primer anestésico. También fueron dramáticos los sucesos de cierto día del año 1807 cuando Davy, trabajando en la Royal Institution electrolizó potasa húmeda, descubriendo así el potasio metálico. No es de extrañar que, en un rapto de gozo escribiese en su cuaderno, al lado de sus observaciones las palabras « experimento mayúsculo ». Pero es con toda seguridad el momento más importante de la historia de la Royal Institution aquel ocurrido cierto día del otoño de 1831, en que Faraday, al comenzar sus históricos « experimentos sobre la producción de electricidad por medio del magnetismo », descubrió la inducción de las corrientes.

Recordemos para terminar el anuncio del descubrimiento del Argón, del Helio como elemento terrestre, del electrón, de la dispersión a ángulo abierto de los rayos alfa (que inspiró a Rutherford el concepto del átomo nuclear, y del que dijo: « fué el suceso más increíble de mi vida) tan increíble como si se hubiese disparado una pieza de 15 pulgadas contra una hoja de papel de seda y hubiese rebotado la granada hacia nosotros » — y por último — en órden, ya que no en importancia — el dramático instante en la historia del descubrimiento de la penicilina.

Los espectros celestes

SIR HAROLD SPENCER JONES

El estudio de los espectros de los cuerpos celestes — Sol, estrellas, nebulosas, y cometas — ha progresado rápidamente durante años recientes. La investigación de los espectros de los cometas no sólo ha revelado la presencia de C_2, CN, CH, OH y otras moléculas diatómicas, sino también la de la molécula triatómica CH_2 y de la isotópica $C^{12}C^{13}$; habiéndose llegado así mismo a identifcar el espectro de la corona, y también algunas líneas del espectro del espacio interestelar. Pero las anchas bandas de emisión de las supernovas continúan presentando un problema sin solución.

El astrónomo tiene sobre el físico la ventaja de poder estudiar la Materia en condiciones que no pueden obtenerse en un laboratorio, tales como la elevadísima temperatura o extremadamente baja densidad. Y así sucede con frecuencia que pueden observarse en los espectros estelares bandas que son inobservables en un laboratorio. En 1868 se pudo percibir por primera vez una banda de origen desconocido en un espectro celeste, al haber observado Lockyer en el amarillo del espectro solar una línea prominente, semejante, pero sin ser idéntica, a las del sodio, atribuyéndosela a un elemento desconocido al que se dió el nombre de Helio, el cual fué descubierto treinta años más tarde en el aire y en ciertos minerales. En este caso el descubrimiento del Helio en el Sol antes de haberlo sido en la tierra fué debido a su rareza en ésta, a pesar de su abundancia en el cosmos, y no al hecho de que se halle el Helio en el Sol en condiciones imposibles de conseguir en un laboratorio.

Otros casos de distinto orden surgieron con la observación de bandas de absorción molecular de origen desconocido en el espectro de Venus y de otros planetas mayores; hasta que, en años recientes, consideraciones de orden teórico parecieron sugerir que las bandas del espectro de Venus eran debidas al anhidrido carbónico, mientras que las de los otros planetas lo eran al amoníaco y al metano. Tales identificaciones pudieron ser verificadas en un laboratorio pasando un rayo de luz a través de una gran longitud de gas a alta presión; la considerable cantidad de gas requerida para producir bandas de absorción observables fué la causa de que tales bandas no hubieran sido previamente observadas en un laboratorio.

Al hallarse que el espectro de la corona solar contenía una serie de líneas desconocidas, se atribuyeron éstas a un elemento desconocido también, y que fué denominado « coronium ». Se obervaron así mismo en el espectro de las nebulosas múltiples líneas desconocidas, entre las cuales resaltan dos muy marcadas en el verde, que dan el tono general verdoso a dichas nebulosas. Estas líneas fueron atribuídas a otro elemento hipotético, el « nebulio ». Pero cuando el progreso realizado en el conocimiento de la estructura atómica puso de manifiesto la inexistencia en las secuencias atómicas de lagunas que pudieran ser llenadas con dichos elementos hipotéticos, resultó claro que el coronio y el nebulio no podían ser elementos desconocidos, sino que deben ser elementos ya conocidos, existentes en distintas condiciones.

En las nebulosas gaseosas, esta distinta condición es la bajísima densidad: por ejemplo, la densidad de la nebulosa de Orión se estima en unos 10^{-15} avos. de la densidad del aire a una temperatura normal. Ahora bien, un átomo no permanece en un nivel dado de energía por lo normal durante más de una cienmillonésima de segundo sin descargar espontáneamente su propia energía, aunque existen ciertos niveles de energía en los cuales permanece un átomo durante varios segundos, y aún minutos, sin emitir radiación. Las líneas espectrales que resultan de las transiciones de átomos en dichos estados metastásicos no pueden ser observadas en la tierra, ya que, aún en el vacío más perfecto conseguido en un laboratorio, la energía del átomo se dispara por colisión con otro átomo mucho antes de que el átomo mismo la descargue espontáneamente. La posibilidad de que un átomo produzca une línea tal es altamente improbable, y así las transiciones producidas por los estados metastásicos han sido descartadas en las reglas empíricas formuladas para este tipo de investigación: de donde la expresión de *líneas prohibidas* para describir las que resultan de la transición de dichos estados metastásicos. Pero las colisiones atómicas en las densidades tan extremadamente bajas que reinan

en las nebulosas gaseosas son muy infrecuentes, produciéndose sólo con una frecuencia media de varias horas, y aún días para un átomo dado; y en tales condiciones, las líneas prohibidas pueden aparecer. Es más, en tales condiciones las líneas normales permitidas no suelen aparecer, ya que los electrones se mueven demasiado lentamente para cargar los átomos hasta los niveles normales, que suponen una mayor energía que los niveles metastásicos. Y así resulta que los espectros de las nebulosas gaseosas están repletos de líneas prohibidas, lo que fué utilizado por Bowen para explicar tales espectros e identificar todas sus líneas principales mediante la investigación de posibles configuraciones electrónicas. Se pudo probar que las dos líneas de vivo verde (nebulio) eran debidas a átomos de oxígeno doblemente ionizados, mientras que otras líneas lo eran a los átomos de oxígeno, nitrógeno, neón y azufre en diversos estados de ionización.

Pueden observarse las líneas prohibidas de varios elementos en los últimos grados de la erupción de una Nova. Cuando ocurre la explosión inicial la estrella arroja fuera de sí una o más capas de gas, y al alejarse éstas de la estrella, la radiación de esta última, que pudiera producir la excitación de los átomos de la capa, se debilita paulatinamente, mientras que dentro de la capa disminuye la densidad del gas, tendiendo así a acumularse los átomos en los niveles metastásicos mientras que los niveles normales quedan despoblados, apareciendo, por lo tanto, las líneas prohibidas. Dichas líneas prohibidas del hierro ionizado [FeII][1] aparecieron como elemento predominante en el espectro de una Nova lenta, la Nova Pictoris (1925), durante le primera parte del período post-máximo. Idénticas líneas [FeII] son también evidentes en el espectro de la estrella variable Eta Carinae, y de otras estrellas « de hierro ». El autor de este artículo estudió durante varios años el espectro de la Nova Pictoris después de su explosión; durante los diversos períodos de su evolución aparecieron varias líneas en el espectro que no pudieron ser identificadas entonces. La más prominente de todas ellas era una línea muy bien definida, en 6086A, que fué por un tiempo la línea más fuerte de todo el espectro, y que no había sido observada nunca previamente en un espectro estelar. Bowen y Edlén la identificaron más tarde, basándose en consideraciones teóricas, como una línea de [FeVII], en tanto que otras líneas del mismo espectro eran debidas a [FeVII] y [FeVI] combinadas.

Las acertada identificación de las líneas que surgieron en los espectros celestes como líneas prohibidas y que eran el efecto de las transformaciones durante los estados metastásicos de los átomos normales, mantuvo la esperanza de que las líneas coronales pudieran ser de idéntica naturaleza. Sin embargo, su identificación resultó mucho más difícil, permaneciendo durante largos años como el problema capital de la espectroscopía estelar. Se han observado en total unas veintitrés líneas en el espectro de la corona, y ninguna de ellas había sido hallada en ningún otro espectro estelar hasta 1942, en cuya fecha se pudo percibir varias de ellas en el espectro de la estrella variable o quasi nova RS Ophiuchi. El problema ha quedado al fin resuelto por el físico sueco Edlén.

El punto de arranque de tal investigación consistió en el reconocimiento de que la separación de términos de ciertas configuraciones de átomos de FeX y FeXI coincidían con los números de onda de dos líneas de la corona. Bajo elevadísima excitación producida por descargas de alta tensión Edlén llegó a observar líneas permitidas de los espectros de dichos átomos en alta ionización en la región del extremo ultravioleta. Se notó también que las separaciones de términos análogos de ciertas configuraciones de CaXII y CaXIII coincidían con los números de onda de dos líneas menos visibles en la corona; y asumiendo que las identificaciones de dichas cuatro líneas fuese correcta, Edlén por medio de extrapolaciones basadas en secuencias iso-electrónicas, pudo realízar de una manera consistente una identificación casi completa del espectro coronal; quedando hoy únicamente unas cuantas líneas muy débiles cuya identificación no ha podido ser establecida. Los átomos [FeXII] y [NiXIV] deben abundar sin duda en la corona, pero no aparecen líneas de tales átomos en la región observable del espectro.

No es probable que aparezcan en la corona otros muchos elementos, tales como Si, Mg, C, N, O y Ne, abundantes en el cosmos, debido a que al nivel apropiado de ionización, o bien sus espectros no contienen líneas prohibidas, o bien éstas quedan fuera de la región observable. Hubiera podido esperarse la aparición de líneas de K, Cr, Mn, y Co, pero no han sido descubiertas. También pudieran hallarse líneas de H y He II, mas la gran intensidad de tales líneas en la cromoesfera

[1] Las líneas prohibidas se indican por lo general entre paréntesis. FeI indica el espectro de los átomos neutrales del hierro; FeII, FeIII . . . los espectros de átomos desprovistos de uno, dos, o más electrones.

y protuberancias solares ocultaría otras líneas más débiles en la corona.

Tales identificaciones son de grandísima importancia para la física estelar, y sin duda alguna han de inspirar un sinnúmero de investigaciones teoréticas. Sugieren en primer lugar temperaturas electrónicas de unos 200.000° C a 400.000° C, lo que concuerda con los 350.000° C que corresponden, segun Grotian, en el equilibrio termal a la velocidad media de los electrones divergentes en la corona interior. El mínimo incremento de la densidad y la alta turbulencia observadas en la corona son factores físicos asociados probablemente con el elevado grado de excitación. Se reconoce hoy que gran número de fenómenos solares requieren una energía mucho mayor en la región del extremo ultravioleta que la que emitiría un cuerpo negro del tamaño del Sol a una temperatura de 6.000° C. Permanece obscuro hasta el presente el origen de la elevadísima excitación que existe en la corona, y será menester un gran esfuerzo de investigación para llegar a la comprensión total de las condiciones que reinan en la corona solar.

La substancia de más baja densidad conocida en la astronomía es el difuso gas estelar, cuya densidad se halla en la región de 10^{-24}; densidad menor con mucho a la de las nebulosas gaseosas: una esfera de un radio de 1.600 Km. contiene apenas la cantidad de materia suficiente para fabricar una canica. En 1904 observó Hartmann en el espectro de la estrella binaria Delta Orionis dos líneas en la posición de las líneas H y K del calcio, pero mucho más pronunciadas y estrechas que las líneas normales de la estrella, que permanecían estacionarias mientras que las restantes líneas del espectro variaban su posición de acuerdo con la moción orbital del astro. Eddington sugirió que tales líneas se originaban por la absorción de átomos de calcio en el espacio interestelar; y varios años mas tarde la Sta. Heger y Wright hallaron en el observatorio de Lick que las líneas amarillas D del sodio, y un par de líneas del sodio en los ultravioletas cerca de 3300A mostraban una conducta semejante. En fecha reciente Dunham y Adams, utilizando un espectrógrafo a alta dispersión muy poderoso, descubrieron una cantidad de líneas interestelares, pronunciadas y estrechas, situadas por lo general en la región del violeta y ultravioleta, mientras que otras seis líneas anchas y difusas, también de origen interestelar, pero de diferente naturaleza a las líneas normales, fueron descubiertas por Merrill y Wilson en la región del rojo y del naranja. A causa de la baja densidad del espacio interestelar y la dilución de las radiaciones estelares, las únicas líneas pronosticables son las que se derivan de los niveles de energía más bajos, o puntos neutrales, de los átomos neutros e ionizados. Y aunque la ionización se produce muy lentamente, cuando un átomo ha sido ionizado permanece en dicho estado largo tiempo, ya que el choque con electrones libres es muy infrecuente. Las líneas interestelares de átomos neutros de sodio, calcio, potasio y hierro, y de átomos ionizados de calcio y titanio han podido ser identificadas, siendo también evidente que otras muchas líneas no podían ser atribuídas a transiciones de átomos. Swings y Rosenfeld sugirieron que quizá pudiera atribuírseles un origen molecular. Mas sería lógico esperar que en el espacio interestelar las moléculas se hallasen en el nivel rotacional más bajo del nivel vibratorio cero del punto neutral electrónico. Mediante la investigación de moléculas diatómicas comunes se pudo comprobar que las líneas pronunciadas restantes eran debidas a moléculas neutrales de CN, y a moléculas neutrales e ionizadas de CH, que ofrecen así la primera prueba de la existencia de compuestos moleculares en el espacio interestelar. Se desconoce todavía la causa de las líneas interestelares más amplias y difusas.

La dificultad máxima para el descubrimiento de los átomos interestelares estriba en que las líneas que nacen de estados transicionales desde el punto neutral, se hallan siempre en la zona extrema de los ultravioletas, en la región para la cual la atmósfera terrestre es opaca. Y así sucede que aunque el hidrógeno debe de ser el elemento más abundante en el espacio interestelar, no han podido nunca observarse las oscuras líneas interestelares del hidrógeno. A pesar de ello, Struve y Elvey han conseguido observar recientemente, con la ayuda de un espectrógrafo especialmente construído, débiles líneas de emisión de hidrógeno y de oxígeno ionizado, causadas por la caída en cascada de electrones capturados por átomos ionizados. Dicha débil incandescencia sólo puede hallarse en ciertas regiones de la Via Lactea.

Los espectros de los cometas han suministrado algunos problemas interesantes de identificación e interpretación. Hace ya varios años que quedó establecida la presencia de moléculas de C_2, CN, CH, y de moléculas ionizadas de CO y N_2; habiéndose demostrado también en los últimos tres años la existencia de moléculas de OH y NH, y otras ionizadas de CH. Pero un grupo de marcadas líneas cerca de 4050A ha resistido a toda

identificación, y aunque Swings, basándose en la brillantez de las líneas, intentó deducir que la molécula que las originaba había de ser un hidruro, sugiriendo primeramente una NH ionizada — ya que los restantes hidruros diatómicos de los elementos ligeros habían sido identificados ya — , más tarde Hertzberg señaló que la distribución de las intensidades entre las líneas componentes no sugerían la posibilidad de una molécula diatómica. Swings ha conseguido probar definitivamente que las líneas están producidas por moléculas triatómicas de CH_2; siendo este brillante triunfo la comprobación por vez primera de la existencia de moléculas triatómicas en los espectros astronómicos. Aún no ha sido posible reproducir tales líneas en un laboratorio. Otro marcado grupo cerca de 6300A se debe casi con toda seguridad a un producto de disociación del amoníaco, NH_2, debiendo mencionarse también que a más de las bandas de Swan de $C^{12}C^{12}$, algunos cometas han revelado $C^{13}C^{13}$, siendo ésta laúnica molécula isotópica descubierta en los cometas.

Revista de libros

LA MEDIDA DE PARTICULAS

Determination of Particle Size in Subsieve Range. Report of Discussions. *Págs.* 69. *British Colliery Owners' Research Association and the British Coal Utilization Research Association, Londres.* 1944. *Sin precio.*

La medida precisa de las partículas de extrema finura es problema de enorme importancia para el trabajo de las dos Asociaciones bajo cuyos auspicios se celebraron las dos Conferencias — Junio 1941 y Julio 1942 — reseñadas en la presente publicación, como también lo es para múltiples procesos industriales. Se deduce claramente del informe, muy útil e interesante, que aunque los métodos y aparatos hoy en uso son altamente satisfactorios para la comparación de finura, todavía pueden mejorarse en mucho, como por ejemplo en la determinación de la distribución de tamaños absolutos, y en la dispersión efectiva del polvo en un líquido.

Encontramos en la parte primera del folleto una monografía — resultado de la colaboración de dos miembros de cada Asociación, y consecuencia de las discusiones de la primera Conferencia — que trata de los métodos de sedimentación y de extinción de luz para la medida de partículas con diámetros de hasta 25μ aproximadamente, y de los métodos microscópicos para polvos heterogéneos. Dicha monografía fué presentada y discutida en la segunda conferencia, incluyéndose en la última parte de la publicación las aportaciones de otros muchos investigadores al debate suscitado. W. JEVONS

DIVERSAS CONCEPCIONES DE LA VALENCIA

Valency: Classical and Modern, *por W. G. Palmer. Págs. x* + 242. *University Press, Cambridge.* 1944. *Precio neto:* 10*s.* 6*d.*

Quienquiera que se interese seriamente en el estudio de la Química inorgánica moderna necesita comprender las formas de encadenamiento de los átomos, y los factores que determinan las propiedades de los compuestos; y en este libro nos presenta el Dr Palmer el desarrollo de la teoría de la valencia química, desde su orígen en el siglo XIX hasta los aspectos más modernos de la teoría electrónica, en forma sucinta y legible, apoyándose continuamente en los datos experimentales de la Química pura. El profano puede bien leer la parte primera de la obra, pero los últimos capítulos incluyen, entre otros, los tópicos siguientes: los más recientes avances de la teoría de la rotación electrónica y sus fundamentos espectroscópicos, el método de las órbitas moleculares, energías ligadas, y sus aplicaciones a la Química orgánica.

Para su tamaño el libro contiene sorprendente cantidad de materiales. Y en adición a la exposición de las teorías de la valencia, se incluye extensa información cuantitativa relacionada con la estructura de los compuestos sólidos y gaseosos, y obtenida con medidas de difracción electrónica, rayos X, y espectroscopía. Abundan también referencias a monografías originales. F. FAIRBROTHER

EL DESARROLLO DE LA ANATOMIA COMPARADA

A History of Comparative Anatomy from Aristotle to the Eighteenth Century, *por F. J. Cole. Págs. viii* + 524, *con portada y* 200 *figuras en el texto. Macmillan & Company Limited, Londres.* 1944. *Precio neto:* 30*s.*

Es el Profesor Cole reconocido maestro en la Historia de la Zoología, y su libro — largo tiempo esperado — no presenta muestras de las dificultades de los tiempos en que vivimos: es un modelo de investigación paciente e interesantísima exposición.

¿Qué es la Anatomía Comparada? Su originador, Aristóteles, observó que los diferentes tipos de animales caen dentro de un reducido número de grupos, cada uno de los cuales se ajusta a un cierto modelo; y varios de estos grupos aristotélicos corresponden casi exactamente con las « clases » y « órdenes » de la Zoología moderna. Observó también que los animales sólo se aparean con otros cuya forma se asemeja estrechamente a la suya propia, engendrando siempre otros que les son parecidos. Llamamos hoy « especie » a dicha « forma » (*eidos*), hallándose por tanto en Aristóteles la base para una clasificación. En el siglo XVII se llegó a comprender que la estructura interna del animal ofrecía mejor guía para la clasificación que la apariencia exterior, introduciéndose el término « Anatomía Comparada » para describir el estudio de dichas estructuras. Los primeros cultivadores — el belga Vesalius (1514–64) y el francés Belon (1517–64) — utilizaron siempre como término de comparación la Anatomía humana, según nos muestra el Profesor Cole, no llegando a estudiarse el animal por sí mismo hasta el final del siglo XVI. Señala también el autor que dichos estudios alcanzaron un florecimiento total en el siglo XVII, debido a los avances de ciertas técnicas y métodos,

y a dicho período van dedicadas las dos terceras partes de la obra.

Descríbense en ella las tres grandes escuelas de dicho siglo. La escuela inglesa, centrada en la Royal Society de Londres, que contaba entre sus principales figuras a Harvey (1578–1657), descubridor de la circulación de la sangre; a Hooke (1635–1703), el primer tratadista de microscopía y uno de los genios científicos más universales; a John Ray (1627–1705), probablemente el naturalista más grande de su siglo y uno de los más grandes de toda época. La escuela holandesa produjo dos figuras únicas: Leeuwenhoek (1632–1723), quien a pesar de carecer de toda preparación científica y de desconocer todo lenguaje aparte del suyo propio, llegó a ser el más grande microscopista; sus investigaciones fueron publicadas por la Royal Society, construyó sus propios microscopios — de una sola lente con los que trabajaba con asombrosa destreza, siendo el primero en ver las bacterias. Swammerdam (1637–80) obtuvo el grado de médico a la edad de treinta años, quedando en realidad reducidos los trece restantes de su desgraciada vida a menos de ocho útiles para el trabajo, debido a los disturbios mentales que sufría. Y con todo, realizó prodigios en sus investigaciones que, recogidas en volumen póstumo, contienen la serie más mar avillosa de observaciones microscópicas jamás publicada. La escuela francesa está personificada en el brillante y versátil Claude Perrault (1613–88), quién contribuyó más que cualquier otro ingenio de su tiempo al desarrollo de la Anatomía Comparada. Estudió Medicina en París, abandonándola más tarde para dedicarse a la Arquitectura, en la que alcanzó altísima eminencia: la fachada del Louvre (1666), obra suya, es la obra maestra de la arquitectura francesa. Se interesó progresivamente a partir de 1667 en el estudio de la Anatomía Comparada, y su actitud mecanística hacia la estructura animal es sin duda el resultado de su inclinación por la arquitectura y la ingeniería.

Aprovecha el Profesor Cole espacio a lo largo del libro evitando la introducción de material bien conocido; casi todas las figuras tratadas por él no han aparecido en ninguna otra publicación reciente. Queremos señalar aquí también la desusada excelencia de la Bibliografía e índices del libro.

CHARLES SINGER

LA RELACION ENTRE EL ARTE Y LA CIENCIA

Art and Scientific Thought, *por M. Johnson. Págs. viii* + 192. *Faber & Faber Limited, Londres.* 1944. *Precio neto:* 16*s.*

Dice Walter de la Mare en el prólogo de este libro que « hoy en día apenas si hay excusa para permanecer ignorante». Afirmación que el lector ha de juzgar con cierto sarcasmo cuando intente recordar si el cuarteto en Si Bemol Opus 130 de Beethoven, en el que el « finale » está en forma de fuga, y que ahora se llama Opus 135, precede o no al Opus 132 en La Menor; o si Al-Khujandi obtuvo 23° 32′ 21″ para la inclinación de la eclíptica, y Al-Battani 23° 34′, o al revés. Tales ejemplos sirven para refutar la afirmación de los editores de la obra de que puede ésta leerse sin necesidad de previo conocimiento de las técnicas artísticas o científicas mencionadas en ella. Con todo, el Dr Martin Johnson nos ofrece una serie estimulante de monografías en asuntos tan dispares como son los jades chinos, el ballet Petrouschka, los matemáticos de Bagdad, los instrumentos astronómicos chinos, etc., etc. Mas aunque tales ensayos están bien escritos y documentados, el libro carece, en conjunto, de coherencia, y el lector acaba por sentir que su título sólo sirve para cubrir una serie variadísima de artículos, y no que éstos hayan sido escritos para desarrollar una teoría definida. La idea de la existencia de un serio conflicto entre la Ciencia y el Arte parece obsesionar al autor; y si bien es cierto que existía tal conflicto durante el florecimiento industrial del pasado siglo, en nuestra opinión hoy ya no existe: hoy sólo hay una cierta incomprensión debida a que la « concepción del artista »— usando la expresión del autor — puede ser interpretada en mil diversas formas según la actitud del observador. Y este dualismo puede explicarse historicamente con toda certeza por medio de la evolución y el perfeccionamiento graduales de todas las ciencias, a diferencia de las artes que, tras un período de perfección, muestran otros de descensos abismales.

Hubiera sido interesante conocer la opinión del autor sobre los problemas de la postguerra, cuando las ciencias abandonen las actividades mortíferas para formar parte integral de un mundo más cuerdo.

ERIC KNIGHT

LA NOMENCLATURA INTERNACIONAL DE LAS ENFERMEDADES

Polyglot Glossary of Communicable Diseases, *por Yves Biraud. (Separata del Boletín del Departamento de Higiene. Volumen X, No.* 3. *págs.* 202–556). *Allen & Unwin (Departamento de Publicaciones de la Sociedad de Naciones), Londres.* 1944. *Precio:* 4*s.*

La traducción de obras literarias — en las que el lenguaje es la expresión de la vivencia emocional de un pueblo — es, en el mejor de los casos y teniendo en cuenta la variedad de estilos, una contemporización, un problema de número ilimitado de soluciones, todas verdaderas, o falsas. Pero los conceptos científicos, por prestarse a definiciones inequívocas en una u otra forma, tienen equivalentes precisos en la mayoría de los lenguajes civilizados. A pesar de ello, se encuentra a veces el traductor desconcertado por « falsos amigos », palabras casi idénticas en dos o más idiomas, que se aplican con distinto significado. En la ciencia médica en la que no existe una nomenclatura latina uniforme, aumentándose aún más la confusión a causa de la ambiguedad del lenguaje común, la existencia de un « falso amigo » sin descubrir, puede tener fatales consecuencias para la cooperación internacional; y de ahí la importancia excepcional del establecimiento de una nomenclatura internacional de las enfermedades, llevado a cabo por el Departamento de Higiene de la Sociedad de Naciones. El trabajo que ahora revistamos está basado en los informes recibidos de todos los países por el Servicio de Información Epidemológica y de Estadística de Higiene Pública, en preparación del Quinto Congreso Internacional de 1938, y por la Biblioteca de la Sociedad de Naciones. La presentación e índices del material contenido son exactas, y la Parte I consta de una guía concisa para el uso de las tablas. La primera columna de la Parte II contiene la designación internacional de 161 grupos de enfermedades con sus subdivisiones, todas numeradas, y en subsiguientes columnas se hallan los nombres correspondientes en latín y en 23 idiomas europeos. El índice, o Parte III, es una lista alfabética de todos los términos usados, sin distinción de lenguaje, con el número de clasificación correspondiente y una indicación abreviada del lenguaje en francés. Se incluye una transcripción de los caracteres cyrílicos.

En obra de tal género, la perfección

es producto de sucesivas aproximaciones; y es de esperar que la invitación hecha a los lectores para que colaboren en la tarea de completar las inevitables lagunas, hallará buena acogida.

J. A. WILCKEN

EL USO DE LOS MATERIALES PLASTICOS

Plastics for Production, *por Paul I. Smith. Págs. viii + 180. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1944. *Precio neto:* 12*s.* 6*d.*

El autor explica en el prefacio del presente volumen que el título fué elegido con preferencia al de « Las propiedades de los materiales plásticos », debido a que su intención era más bien interpretar dichas propiedades, y no describirlas. Es imposible exagerar la importancia que la interpretación de tales propiedades tiene para un público cada día más acostumbrado a su uso. El método del libro, con sólo dos capítulos dedicados a las propiedades, mientras los ocho capítulos restantes tratan de los diferentes aspectos del uso de los materiales plásticos, va bien de acuerdo con dicho propósito. Aunque es éste, con todo, un propósito difícil que requiere un nivel crítico más elevado que el mantenido a lo largo de la obra.

Ha mostrado el autor cierto recelo a introducir referencias al aspecto químico de la Plastología, y esta omisión deliberada le ha hecho confundirse a veces, sobre todo en las clasificaciones, en las que incluye únicamente el poli-isobutileno bajo los Hidrocarbonos, dando al politeno un encabezamiento distinto, mientras que compuestos tan distintos como el cloruro polivinil, el acetal, el butiral, y el alcohol y cloruro polivinilidenes van incluídos bajo el encabezamiento único de « Resinas Vinil ». Las secciones incluídas en el mismo capítulo, que tratan de las nuevas aplicaciones, necesitan revisión y amplificación; algunas de las aplicaciones descritas no son nuevas, otras son triviales, otras de gran importancia van explicadas en una sola frase.

El capítulo que estudia el uso de los materiales plásticos para aisladores deja el lector con la impresión de que el polistireno es el material aislante para corrientes de alta frecuencia del momento, cuando por el contrario, la Gran Bretaña fué el país que comenzó a servirse únicamente del politeno que, señalemos de pasada, es un logro de la ciencia británica, aunque, también hoy en producción en los Estados Unidos.

A pesar de sus limitaciones, este librito ha de ser de gran utilidad para los recien llegados a la industria que deseen formar una visión de conjunto de las posibilidades de los materiales plásticos.

A. CARESS

LA BELLEZA DE LA FAUNA RIBEREÑA

Seashore Life and Pattern, *por T. A. Stephenson. Págs.* 28, *con* 16 *planchas. (Un « King Penguin ») Penguin Books Limited, Harmondsworth y Nueva York.* 1944. *Precio neto:* 2*s.*

Los libros — hermosísimamente ilustrados — de Edward Forbes, P. H. Goose, los Sowerbys y muchos otros mantuvieron vivo durante la época victoriana el interés general en la fauna de las costas británicas; pero a partir de tal fecha, el interés ha quedado reducido al propio de los naturalistas, y la extensa literatura publicada ha presentado un carácter más científico que artístico. El Profesor Stephenson es uno de los pocos biólogos marinos contemporáneos con alma de artista; sus volúmenes sobre las anémonas marinas, publicados por la Ray Society, contienen planchas que pueden ser calificadas con toda certeza, como las mejores producidas a todo color de animales marinos. En el librito bajo reseña, el autor se ha esforzado por revelar ante la vista del lector la belleza de una serie diversa de animales ribereños mediante la presentación de una colección de planchas, señalando al mismo tiempo en ellas, y en otras figuras más simples, el significado del diseño y de sus formas. Dependen éstas, segun nos muestra, en líneas implícitas y explícitas; indicándonos además las relaciones matemáticas sobre que se basa la impresión de belleza que tales criaturas nos producen. Analiza también, con la ayuda de diagramas, la naturaleza de los diseños intrínsecos de algunos ejemplos seleccionados. Todo ello forma un libro original y delicioso que debiera despertar general interés, y ser fuente de placer para muchos; y lo mejor de todo es que quizás anime a su autor a desarrollar este ensayo breve y sugestivo en la obra más extensa de la que es bien capaz.

C. M. YONGE

FRANKLIN, HENRY, EDISON, GIBBS

Famous American Men of Science, *por J. G. Crowther. Tomo I, págs.* 191 *y Tomo II, págs.* 159. *(Pelican Books), Penguin Books Limited, Harmondsworth y Nueva York.* 1944. *Precio neto de cada tomo:* 9*d.*

La bien conocida obra de Mr Crowther acerca de los sabios norteamericanos famosos (Franklin, Henry, Edison, Gibbs) apareció por primera vez en 1937, formando ahora en la reimpresión de Pelican el primer volumen las biografías de Franklin y Henry, y el segundo las de Edison y Gibbs. Aunque opina el que estas líneas escribe que la interpretación marxista, que condiciona el progreso científico a ciertos factores económicos y sociales, es incompleta pues desatiende a otros muchos factores, ha leído sin embargo estos estudios con interés no menor al que suscitaron en él hace siete años, en su primera aparición. Es característica de ellos su solidez de información y cuidadoso análisis; y siempre consigue el autor hacer vivir a sus personajes en la imaginación del lector.

Franklin es acaso el tema ideal de un biógrafo; Franklin, el experimentador con la electricidad, fundador de la física y química de las superficies, hombre de estado, economista, embajador, visionario que soñó con un Imperio de naciones británicas — una liga de naciones —, y con lo que hoy llamamos ejércitos del aire; figura del Renacimiento, retrasada al nacer en el siglo XVIII, durante parte del cual fué « la lonja de ideas del mundo ».

Joseph Henry es, en cierto modo, asunto más dificultoso: mas Mr Crowther sabe presentarnos un estudio comprensivo de las grandes contribuciones del sabio en el campo de la electricidad, y sus notables triunfos en la administración de la Smithsonian Institution. La comparación entre los éxitos de Henry y Faraday es justa y competente.

También está bien estudiado Edison, y con suficiente detalle. Mr Crowther nos muestra que si bien Edison era hombre extraordinario que poseía esas raras cualidades que se resumen generalmete bajo el nombre de « genio », la ausencia de una preparación científica le hizo malgastarlas penosamente.

El estudio de la personalidad de Willard Gibbs es siempre interesante, y Mr Crowther sabe comprender plenamente la grandeza intelectual del fundador de la termodinámica y de la ciencia de la energía química, y una de las mentes más poderosas desde Newton. A juicio de uno de los lectores, ésta es la más interesante de las cuatro « vidas ».

D. MCKIE